

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**APLICAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS NA  
IDENTIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS TSUNAMIGÉNICOS NA PLATAFORMA  
EXTERNA (ALGARVE): UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR**

**Maria Couto de Menezes Quintela**

Dissertação

Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do  
Território

2015



UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA



**APLICAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS NA  
IDENTIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS TSUNAMIGÉNICOS NA PLATAFORMA  
EXTERNA (ALGARVE): UMA AVALIAÇÃO PRELIMINAR**

**Maria Couto de Menezes Quintela**

Dissertação orientada pelo  
Prof. Doutor Francisco Manuel Falcão Fatela

e

Doutora Maria Teresa Drago Pereira

Mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do  
Território

2015



---

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão e apreço a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para que esta dissertação se tornasse uma realidade.

Ao Professor Doutor Francisco Fatela, meu orientador, pela competência científica e acompanhamento permanente, pela disponibilidade e generosidade reveladas ao longo deste trabalho, assim como pelas críticas, correcções e sugestões tão relevantes.

À Doutora Teresa Drago, do Instituto Português do Mar e da Atmosfera, o meu sincero agradecimento pela sua co-orientação nesta dissertação e sempre boa disposição. Pela cedência das amostras da sondagem VC2B, colhida no âmbito do projecto POPEI (PDCT/MAR/55618/2004) que coordenou, pelos respectivos dados sedimentológicos e pelas datações indispensáveis à realização do meu trabalho.

Agradeço também ao projecto CLIMHOL (PTDC/AAC-CLI/100157/2008), coordenado pela Doutora Filipa Naughton, as datações complementares (e foram muitas) efectuadas na sondagem VC2B.

À Vera Lopes, a minha fada madrinha, sempre bem-disposta e disponível para me acalmar nos momentos de maior nervosismo. Obrigada também pela ajuda preciosa com o programa Clam.

Ao Dr. Telmo Nunes do Centro de Biologia Ambiental da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pelo seu profissionalismo na manipulação do MEV e pela sua boa disposição durante as sessões.

À Inês Nunes e à Teresa Maria Gala, pelas nossas divertidas tardes de trabalho e pelo apoio constante.

Ao João, por toda a paciência que teve comigo e por me fazer sempre ver o lado positivo das coisas.

Por último, um agradecimento especial aos meus pais, pelo seu apoio incondicional e pela ajuda na superação dos obstáculos que foram surgindo ao longo do tempo.



---

## RESUMO

Esta dissertação tem como objectivo avaliar a presença de espécies de foraminíferos bentónicos costeiros, no contexto sedimentar da plataforma externa, como *proxies* para a identificação de depósitos tsunamigénicos. Para tal, foram analisadas as associações de foraminíferos de 57 amostras de uma sondagem realizada a cerca de 100 m de profundidade, na plataforma continental algarvia.

Verificou-se a forte dominância de três espécies típicas da plataforma externa, nomeadamente, *Brizalina pseudopunctata*, *Epistominella vitrea* e *Bolivina spathulata*. Estas apresentam um comportamento oportunista respondendo positivamente à elevada produtividade da região.

Foi ainda detectada a presença significativa de espécies típicas de ambiente de sapal, *Jadammina macrescens*, *Lepidodeuterammia ochracea* e indivíduos costeiros não identificáveis. Este grupo assume maior expressão entre -38 cm e -81 cm, em particular nos níveis -42 cm, -49 cm e -74 cm com idade estimada entre 1850-1870 cal. d.C., 1800-1830 cal. d.C. e 1600-1670 cal. d.C. ( $2\sigma$ ), respectivamente.

A presença de espécies costeiras a esta profundidade, tendencialmente aliadas a níveis em que o diâmetro médio das partículas é mais grosseiro, sugere uma ocorrência associada a episódios de remobilização e transporte. Dada a distância entre a zona costeira e a área de estudo, este transporte deverá ter sido desencadeado por um fenómeno extremo. É expectável que o evento responsável pelos níveis de maior abundância do grupo costeiro seja o tsunami de 1755 d.C. dada a sua coincidência cronológica.

Abaixo dos -98 cm verifica-se uma presença reduzida do grupo costeiro. Esta poderá ser explicada pela ocorrência de fenómenos torrenciais associados a cheias extremas responsáveis pela remobilização e transporte de material costeiro para o largo.

A análise estatística confirmou a ausência de correlação entre o grupo costeiro e as restantes espécies da associação e permitiu identificar um segundo sinal de transporte, de menor dimensão e de sentido contrário, provavelmente originado pela interacção dos processos de *upwelling* com os sedimentos de fundo.

Os resultados obtidos sugerem que os foraminíferos costeiros podem ser utilizados como indicadores de depósitos tsunamigénicos no domínio da plataforma externa.

Palavras-chave: Foraminíferos bentónicos; indicadores tsunamigénicos; depósito de tsunami; plataforma continental externa; 1755.





---

## ABSTRACT

This dissertation aims to assess the presence of coastal species of benthic foraminifera, in the sedimentary context of the external shelf, as proxies for the identification of tsunami deposits. 57 samples from a core conducted at about 100 m depth in the Algarve continental shelf were analyzed for their foraminiferal assemblages.

A strong dominance from three typical outer shelf species was noted, namely, *B. pseudopunctata*, *E. vitrea* and *B. spathulata*. These exhibit an opportunistic behavior showing a positive response to the high productivity of the region.

It was also detected the presence of typical marsh species, *J. macrescens*, *L. ochracea* and a significant amount of coastal unidentifiable individuals. This group of species assumes a greater expression between -38 cm and -81 cm, in particular at -42 cm, -49 cm and -74 cm, with a calibrated age estimated between 1850-1870 cal. AD, 1800-1830 cal. AD and 1600-1670 cal. AD ( $2\sigma$ ), respectively.

The presence of coastal species in this context, generally associated with levels of coarser mean grain size, suggests that its occurrence is linked to transport. Due to the distance between the coastal zone and the study area, this transport might have been triggered by an extreme phenomenon. It is expected that the event responsible for the higher abundance levels of the coastal group is the 1755 AD tsunami, due to its chronological proximity.

The coastal group exhibits a lower presence under -98 cm. This could be explained by the occurrence of torrential events that trigger extreme floods responsible for the remobilization and offshore transport of the coastal material.

Statistical analysis revealed the absence of correlation between the coastal group and the remaining species of the assemblage. It also pointed out a second transport signal, of smaller expression and opposite direction, driven by upwelling interaction with bottom sediments.

These results suggest that coastal foraminifera can be used as a proxy of tsunamigenic deposits in the outer shelf domain.

Key-words: Benthic foraminifera; tsunamigenic indicators; tsunami deposit; continental outer shelf; 1755.



## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT .....	V
ÍNDICE GERAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XI
ÍNDICE ALFABÉTICO DAS ESPÉCIES .....	XII
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJECTIVOS.....	9
3. ENQUADRAMENTO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO .....	13
3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	13
3.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA REGIÃO COSTEIRA ALGARVIA .....	14
3.3. CARACTERIZAÇÃO DA PLATAFORMA CONTINENTAL ALGARVIA .....	17
3.4. OCEANOGRAFIA .....	18
3.4.1. ATLÂNTICO NORTE .....	18
3.4.2. REGIÃO A SUL DE PORTUGAL CONTINENTAL .....	20
3.4.3. <i>UPWELLING</i> .....	22
4. MATERIAL, MÉTODOS E RESULTADOS PRÉVIOS.....	25
4.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS .....	28
4.2. OBSERVAÇÃO À LUPA BINOCULAR .....	29
4.3. DENSIDADE E DIVERSIDADE DAS POPULAÇÕES .....	29
4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA.....	30
5. LISTA SISTEMÁTICA .....	35
5.1. ESTAMPAS .....	49
5.2. DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DAS ESPÉCIES .....	60
5.2.1. ESPÉCIES COM ABUNDÂNCIA SUPERIOR A 5%.....	60
5.2.2. GRUPO DE ESPÉCIES COSTEIRAS .....	64
6. RESULTADOS.....	69
6.1. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES .....	69

6.2.	ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA .....	74
7.	DISCUSSÃO.....	81
8.	CONCLUSÕES.....	93
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
10.	REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS .....	111
11.	ANEXOS.....	115
11.1.	ANEXO A – TABELAS DE CONTAGEM DOS FORAMINÍFEROS .....	115
11.2.	ANEXO B – DIVERSIDADE.....	125
11.3.	ANEXO C – DATAÇÕES .....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Foraminífero bentónico (adaptado de <a href="http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/">http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/</a> ). .....	2
Figura 2 – Geotectónica geral da região do arquipélago dos Açores. ....	3
Figura 3 – Magnitude dos 5000 maiores sismos registados de 1970 a 2014 entre a região Ibérica e ponto triplo dos Açores (adaptado de IRIS, 2014). ....	4
Figura 4 – Localização da sondagem VC2B. ....	13
Figura 5 – Mapa geológico da Bacia Algarvia (adaptado de Oliveira <i>et al.</i> , 1992 in Dias <i>et al.</i> , 2013). ....	15
Figura 6 – Secção vertical sul-norte do Oceano Atlântico representando várias propriedades da água: temperatura potencial (a); salinidade (b); densidade potencial (c) e oxigénio dissolvido (d) (adaptado de Pickard e Emery, 1990). ....	19
Figura 7 – Mapa batimétrico regional com a circulação da MOW na região do Golfo de Cádiz. Batimetria em metros (adaptado de Hernández-Molina <i>et al.</i> , 2003). ....	21
Figura 8 – Variação da textura do sedimento em função da profundidade (a) e datações realizadas na sondagem em idade calibrada d.C./a.C. ( $2\sigma - 95\%$ ), com as respectivas taxas de sedimentação (b). ....	27
Figura 9 – Variação do teor em matéria orgânica, a cada 5 cm (a) e do teor em carbonatos a cada 10 cm (b). ....	28
Figura 10 – Projecção das amostras em relação ao vector da espécie Spc_2. ....	32
Figura 11 – Variação da densidade de foraminíferos (a) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener (b). ....	69
Figura 12 – Abundância relativa (%) das espécies de foraminíferos dominantes e comuns. ....	70
Figura 13 – Abundância relativa (média) das espécies dominantes e comuns na população total. ....	70
Figura 14 – Abundância relativa (%) das espécies de foraminíferos acessórias mais abundantes. ....	71

Figura 15 – Abundância relativa (%) de <i>J. macrescens</i> , <i>L. ochracea</i> e do conjunto de foraminíferos costeiros aglutinados não identificáveis. ....	72
Figura 16 – Abundância relativa (%) do grupo de foraminíferos costeiros. ....	73
Figura 17 – Dendrograma da Análise de Clusters em modo-R. ....	74
Figura 18 – Dendrograma da Análise de Clusters em modo-Q. ....	75
Figura 19 – Relação entre os clusters de amostras e a abundância relativa do Gr. Costeiro. ....	76
Figura 20 – Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais para a Componente 1 e 2. ....	77
Figura 21 – Abundância relativa dos foraminíferos costeiros na população com e sem as espécies dominantes e comuns. ....	82
Figura 22 – Abundância relativa dos foraminíferos costeiros na população sem as espécies dominantes e comuns (a) e variação do diâmetro médio das partículas (b). ....	83
Figura 23 – Localização de estações hidrométricas analisadas no PBH das Ribeiras do Algarve (1999). ....	84
Figura 24 – Isossistas do sismo de 1 de Novembro de 1755 (adaptado de Levret, 1991 <i>in</i> Terrinha <i>et al.</i> , 2005). ....	86
Figura 25 – Diagrama esquemático ilustrativo do modo de sedimentação por acção de backwash de tsunami (adaptado de Sugawara <i>et al.</i> , 2009). ....	88
Figura 26 – Carta de isossistas do sismo de 28 de Fevereiro de 1969 (Miranda e Carrilho, 2014) (a) e registo do marégrafo de Lagos (Baptista e Miranda, 2005) (b). ....	89

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tsunamis relevantes na costa portuguesa (adaptado de Baptista e Miranda, 2005). .....	5
Tabela 2 – Resultados dos <i>eigenvalues</i> da ACP.....	77
Tabela 3 – Caudais de ponta de cheia estimados com base em dados de estações hidrométricas (adaptado do PBH das Ribeiras do Algarve, 1999). .....	85
Tabela A. 1 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentónicos nas amostras VC2B 38-39 cm a 49-50 cm. ....	115
Tabela A. 2 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentónicos nas amostras VC2B 50-51 cm a 71-72 cm. ....	117
Tabela A. 3 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentónicos nas amostras VC2B 72-73 cm a 100-101 cm. ....	119
Tabela A. 4 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentónicos nas amostras VC2B 101-102 cm a 192-193 cm. ....	121
Tabela A. 5 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentónicos nas amostras VC2B 193-194 cm a 222-223 cm. ....	123
Tabela B. 1 – Índice de Shannon-Wiener e número de espécies das amostras VC2B. ..	125
Tabela C. 1 – Resultados das datações radiométricas realizadas na sondagem VC2B. ..	126

## ÍNDICE ALFABÉTICO DAS ESPÉCIES

<i>Ammonia beccarii</i> .....	47	<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i> .....	47
<i>Amphicoryna catesbyi</i> .....	47	<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?.....	47
<i>Amphicoryna scalaris</i> .....	47	<i>Dentalina</i> sp.....	47
<i>Bolivina pseudoplicata</i> .....	37	<i>Discorbinella bertheloti</i> .....	43
<i>Bolivina spathulata</i> .....	37	<i>Eggerelloides scaber</i> .....	47
<i>Bolivina</i> spp.....	47	<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i> .....	47
<i>Bolivina variabilis</i> .....	47	<i>Elphidium earlandi</i> .....	47
<i>Bolivinellina translucens</i> .....	37	<i>Elphidium fichtellianum</i> .....	47
<i>Brizalina alata</i> .....	47	<i>Elphidium gerthi</i> .....	46
<i>Brizalina difformis</i> .....	47	<i>Elphidium</i> sp. ....	47
<i>Brizalina pseudopunctata</i> .....	38	<i>Elphidium williamsoni</i> .....	47
<i>Brizalina subaenariensis</i> .....	38	<i>Eoeponidella pulchella</i> .....	44
<i>Buchnerina walleriana</i> .....	47	<i>Epistominella vitrea</i> .....	43
<i>Bulimina aculeata</i> .....	40	<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i> .....	47
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i> .....	41	<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i> .....	36
<i>Bulimina elongata</i> .....	41	<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i> .....	47
<i>Bulimina gibba</i> .....	41	<i>Fissurina orbignyana</i> .....	47
<i>Bulimina marginata</i> .....	41	<i>Fissurina</i> sp. 1 .....	47
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.) .....	47	<i>Fissurina</i> sp. 2 .....	47
? <i>Cassidelina</i> sp.....	47	<i>Fissurina</i> sp. 3 .....	47
<i>Cassidulina crassa</i> .....	47	<i>Fissurina</i> sp. 4 .....	47
<i>Cassidulina laevigata</i> .....	38	<i>Fissurina</i> sp. 5 .....	47
<i>Cassidulina obtusa</i> .....	39	<i>Fissurina</i> sp. 6 .....	47
<i>Cassidulina teretis</i> .....	39	<i>Fissurina</i> sp. 7 .....	47
<i>Cassidulinoides bradyi</i> .....	39	<i>Fissurina</i> sp. 8.....	47
<i>Chilostomella oolina</i> .....	47	<i>Fissurina staphyllearia</i> .....	47
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.).....	47	<i>Fursenkoina</i> sp. 1.....	47
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.) .	47	<i>Fursenkoina</i> sp. 2.....	47
<i>Cibicides</i> spp. (juv.) .....	47	<i>Globobulimina ovata</i> .....	47



<i>Globobulimina turgida</i> .....	47	<i>Nonionella bradyi</i> .....	45
<i>Globocassidulina subglobosa</i> .....	47	<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i> .....	48
<i>Grigelis</i> sp. ....	47	<i>Nonionoides turgidum</i> .....	45
<i>Gyroidina umbonata</i> .....	46	<i>Oolina hexagona</i> .....	48
<i>Hanzawaia nitidula</i> .....	47	<i>Quinqueloculina auberiana</i> .....	48
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i> .....	47	<i>Quinqueloculina lata</i> .....	48
<i>Hyalinea balthica</i> .....	44	<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.) .....	48
<i>Hyalinonetrion gracillima</i> .....	48	<i>Quinqueloculina stalker</i> .....	48
<i>Jadammina macrescens</i> .....	48	<i>Rectuvigerina phlegeri</i> .....	40
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i> .....	48	<i>Rosalina</i> spp. (juv.).....	48
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i> .....	48	<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i> .....	48
<i>Lagena hispidula</i> .....	48	<i>Saracenaria</i> sp. (juv.) .....	48
<i>Lagena laevis</i> .....	48	<i>Sigmoilopsis elliptica</i> .....	48
<i>Lagena semistriata</i> .....	48	<i>Stainforthia complanata</i> .....	39
<i>Lagena</i> sp. ....	48	<i>Stainforthia feylingi</i> .....	40
<i>Lagena strumosa</i> .....	48	<i>Textularia conica</i> .....	36
<i>Lagena substriata</i> .....	48	<i>Textularia gramen</i> .....	48
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i> .....	48	<i>Textularia</i> sp. (juv.) .....	48
<i>Lagenosolenia</i> sp.....	48	<i>Trifarina angulosa</i> .....	42
<i>Lenticulina gibba</i> .....	48	? <i>Trochammina globigeriniformis</i> var.	
<i>Lenticulina</i> sp. 1 .....	48	<i>pygmaea</i> .....	48
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.) .....	48	<i>Uvigerina mediterranea</i> .....	48
<i>Lepidodeuterammia ochracea</i> .....	35	<i>Uvigerina peregrina</i> .....	48
<i>Neoconorbina nitida</i> .....	43	<i>Uvigerina</i> spp. (juv.).....	48
<i>Neolenticulina peregrina</i> .....	48	<i>Valvulineria bradyana</i> .....	42
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.) .....	48	<i>Valvulineria candeiana</i> .....	48
<i>Nodosaria nebulosa</i> .....	48	<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i> .....	48
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i> .....	48	<i>Valvulineria</i> cf. <i>minuta</i> .....	42
<i>Nonion fabum</i> .....	45	<i>Valvulineria rugosa</i> .....	48
<i>Nonion</i> sp. (juv.) .....	48		



## 1. INTRODUÇÃO



## 1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito do mestrado em Geologia do Ambiente, Riscos Geológicos e Ordenamento do Território do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Esta encontra-se dividida em onze capítulos. O capítulo 1 corresponde a uma pequena introdução do tema abordado no decorrer desta dissertação e o capítulo 2 aborda os seus objectivos. O capítulo 3 foca-se no enquadramento regional da área de estudo. Este vai abordar a sua localização, a geomorfologia e a geologia da região costeira algarvia. Engloba também a caracterização da plataforma continental e dos fenómenos oceanográficos a que esta região se encontra sujeita. No capítulo 4 encontram-se enumerados os materiais e métodos utilizados, bem como os resultados das análises previamente realizadas na sondagem. O capítulo 5 apresenta a lista sistemática, elaborada para todas as espécies que representem proporções superiores a 1% em pelo menos uma amostra, e inclui também uma síntese da distribuição ecológica das espécies com maior relevância para este estudo. Nos capítulos 6, 7 e 8, desenvolve-se respectivamente, os resultados, a discussão e as conclusões. Os capítulos 9 e 10 contêm as referências bibliográficas e electrónicas. Por último, no capítulo 11, encontram-se os anexos, em que estão representadas as tabelas com as contagens dos foraminíferos triados em todas as amostras estudadas, o resultado do índice de diversidade e das datações radiométricas.

Os foraminíferos são organismos unicelulares pertencentes ao Reino Protocista, que apresentam uma forte distribuição ecológica, habitando desde ambientes estuarinos às regiões mais profundas do oceano (Sen Gupta, 2002; Figura 1). Tipicamente medem entre 0.1 mm a 1 mm, podendo em alguns casos chegar a medir vários centímetros e geralmente possuem uma carapaça uni ou multilocular. A carapaça, elemento fundamental para a classificação das espécies, tende a ficar preservada no sedimento após a morte do indivíduo (Debenay, 2012).

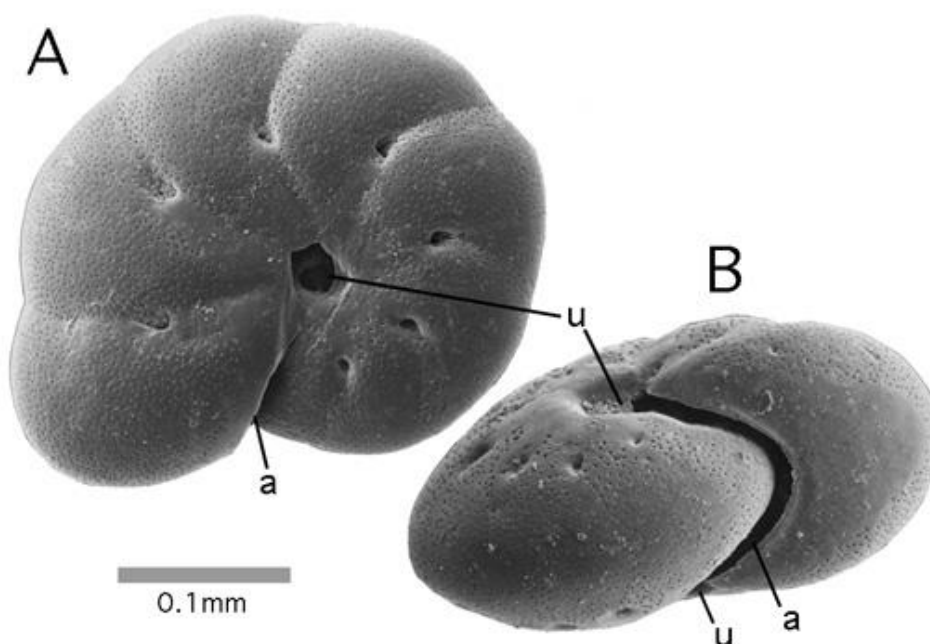


Figura 1 – Foraminífero bentónico. A- Vista lateral; B- Face oral; a- abertura; u- umbilicus (adaptado de [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006\\_M02/](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/)).

Estima-se que o número de espécies de foraminíferos existente actualmente seja cerca de 10 000 (Vickerman, 1992), em que apenas 40 a 50 sejam espécies planctónicas (Sen Gupta, 2002). Para além da sua dominância, as espécies bentónicas possuem também um registo geológico muito mais longo, sendo encontradas a partir do Câmbrio, ao passo que as formas planctónicas só terão surgido no Jurássico (Sen Gupta, 2002).

Nas últimas décadas têm vindo a aumentar os estudos sobre foraminíferos. Isto deve-se sobretudo aos estudos que mostram que as condições ecológicas que controlam a distribuição das associações actuais podem ser consideradas análogas às do passado. A utilização deste princípio permitiu, por exemplo, o entendimento de alterações climáticas e oceanográficas assinaladas no registo geológico. A vantagem da utilização deste grupo em estudos paleoecológicos resulta principalmente da sua elevada abundância e da excelente capacidade de conservação das suas carapaças (Sen Gupta, 2002).

Os tsunamis são eventos com um potencial destruidor extremamente elevado para as comunidades costeiras. De forma a avaliar o risco a que uma região litoral está sujeita, é de extrema importância definir intervalos de recorrência destes eventos com a maior precisão possível.

Os tsunamis consistem numa sucessão de ondas que se deslocam a velocidades que podem exceder os 600 km/hora, em mar profundo, com períodos longos na ordem dos 100-2 000 segundos e comprimento de onda entre os 10-500 km (*e.g.* Bryant, 2001). A sua capacidade de inundação e destruição depende sobretudo da altura e do comprimento de onda no local de geração. Contudo estes parâmetros dependem também da interacção com os fundos submarinos e com a morfologia da faixa costeira no momento do impacte (*e.g.* Andrade, 2005).

Portugal Continental tem sido alvo de eventos sísmicos de grande magnitude. A sua origem está maioritariamente associada à proximidade de fronteiras de placas tectónicas activas, nomeadamente à fronteira entre as placas Euroasiática, Americana e Africana (Figura 2).

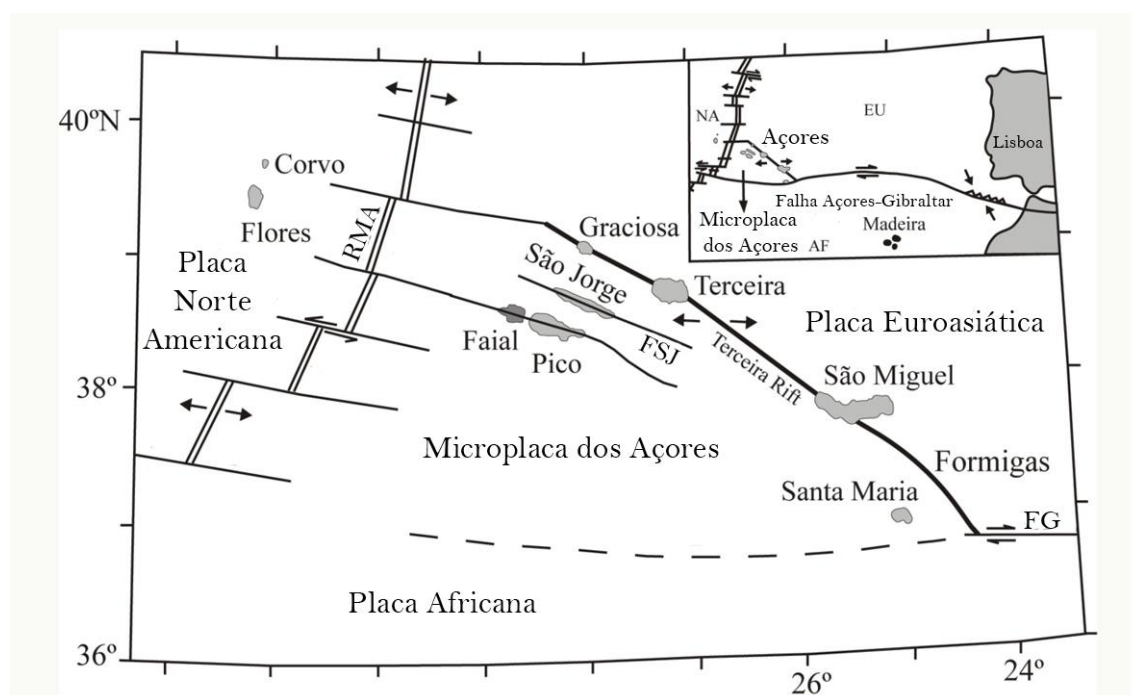


Figura 2 – Geotectónica geral da região do arquipélago dos Açores. RMA- Rifte Médio Atlântico; FG- Falha da Glória; FSJ- Falha de São Jorge; EU- Placa Eurasiática; AF- Placa Africana; NA- Placa Norte Americana.

O contexto destas movimentações, em fronteiras de placas situadas em domínio oceânico, conduz muitas vezes à geração de tsunamis. Concretamente estes ocorrem quando o movimento numa falha conduz a uma deslocação vertical no fundo oceânico, provocando o deslocamento da coluna de água sobrejacente, que por sua vez leva à formação de uma sucessão de ondas que se propagam a elevadas velocidades até à costa.

O tsunami mais marcante, de que há registo, a atingir a costa de Portugal resultou do sismo de 1 de Novembro de 1755, exhaustivamente documentado na literatura da

época. Este causou fortes danos em toda a costa portuguesa, nomeadamente na cidade de Lisboa, tendo inundado a baixa da cidade. O seu efeito destruidor alastrou-se ainda aos territórios ao longo de todo o Algarve, Golfo de Cádiz e da costa noroeste de Marrocos (Baptista e Miranda, 2005).

O registo instrumental (desde 1970) mostra a forte concentração de sismos associados tanto à região do ponto triplo dos Açores, como à falha Açores-Gibraltar (Figura 3).

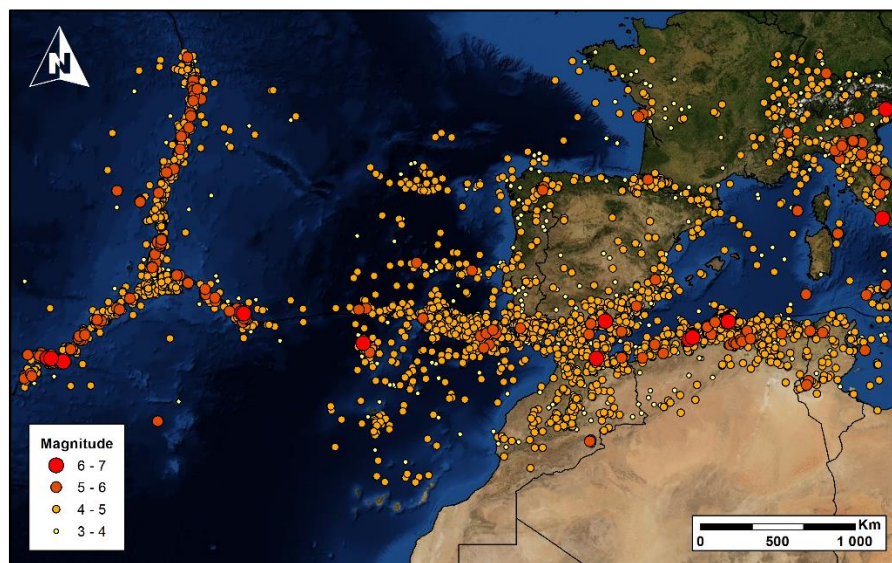


Figura 3 – Magnitude dos 5000 maiores sismos registados de 1970 a 2014 entre a região Ibérica e ponto triplo dos Açores (adaptado de IRIS, 2014).

O registo histórico deste tipo de eventos por vezes é pouco fidedigno e recua apenas cerca de dois milénios (Tabela 1). Uma vez que os intervalos de recorrência dos tsunamis podem ultrapassar este período, surgiu a necessidade de utilizar uma metodologia que permita determinar a ocorrência de episódios anteriores ao início do registo histórico. Esta passa pelo estudo do registo geológico, nomeadamente, a identificação e datação de depósitos de materiais transportados no decorrer de fenómenos tsunamigénicos. O registo geológico marinho apresenta maior potencial para a preservação de evidências tsunamigénicas do que o registo terrestre. Isto deve-se à sedimentação contínua e à melhor preservação dos depósitos, ao contrário das regiões costeiras que são frequentemente afectadas por fenómenos intermitentes de erosão e sedimentação (Smedile *et al.*, 2012).



Tabela 1 – Tsunamis relevantes na costa portuguesa. Intensidade na escala de Sieberg-Ambraseys modificada, de I (muito fraco) a VI (desastroso). Fiabilidade na escala de IIDA, de 0 (tsunami muito improvável) a 4 (tsunami verificado) (adaptado de Baptista e Miranda, 2005).

Data	Intensidade	Fiabilidade	Altura	Local
60 AC	IV	2		Galiza
382 DC	IV	2		Cabo S. Vicente
1504 DC	III	2		Tejo Lisboa
22/10/1522	II	3		Açores
26/01/1531	IV	4		Tejo Estuário
26/07/1691	III	2		Açores
27/12/1722	III	4		Tavira
01/11/1755	IV	4	>10 m	Atlântico
02/11/1755	I	1		Atlântico
16/11/1755	III	1		Atlântico
21/12/1755	IV	1		Tejo Lisboa
31/01/1756	III	1		Baleares (??)
29/03/1756	I	1		Tejo Lisboa
09/07/1757	I	3		S. Jorge e Pico
31/03/1761	III	3	2,4 m	Lisboa
02/06/1800	III	2		Terceira
02/02/1816	I	1		Atlântico
08/05/1939	I	4	0,3 m	Ponta Delgada
25/11/1941	I	4		Atlântico
28/02/1969	II	4	1,2 m	Casablanca
26/05/1975	I	4	0,8 m	Horta
01/01/1980	I	4	0,3 m	Angra

Vários autores têm estudado as regiões costeiras algarvias onde puseram em destaque uma série de evidências geológicas da ocorrência de tsunamis, nomeadamente na Boca do Rio, no Martinhal e nos Salgados (e.g. Hindson *et al.*, 1996; Hindson e Andrade, 1999; Costa *et al.*, 2012a; Costa *et al.*, 2012b). A plataforma continental também tem sido alvo de estudo nesta temática, quer a partir de evidências sedimentológicas e geomagnéticas no delta do Tejo (Abrantes *et al.*, 2005; Abrantes *et al.*, 2008), quer utilizando as associações de foraminíferos bentónicos como indicadores no mediterrâneo (Sicília; Smedile *et al.*, 2012) e no Oceano Índico (Península da Malásia; Sugawara *et al.*, 2009).

Após o impacto de um tsunami com a costa e a inundação da região litoral, formam-se correntes de retorno designadas também por *backwash*, que são governadas pela gravidade e pela morfologia da região inundada. Este tipo de corrente possui uma grande capacidade de remobiliza o e transporte de sedimentos costeiros para a plataforma continental. Gradualmente, com a redu o da velocidade do escoamento, os sedimentos transportados começam a depositar-se nos fundos marinhos formando depósitos de tsunami. Estes depósitos são um reflexo da geologia encontrada na região costeira uma

vez que são compostos por material resultante da sua erosão e transporte para o largo (e.g. Andrade, 2005).

Sugawara *et al.* (2009) afirma que as comunidades de foraminíferos bentónicos afectadas por ondas de tsunami adaptam-se às condições de fundo e recuperam o seu padrão de distribuição original, entre um a dois anos após o tsunami. Como tal, as evidências de tsunamis podem ser identificadas pelas alterações abruptas e recuperação subsequente das associações de foraminíferos bentónicos. Contudo, no caso de depósitos ao largo, a intensidade da alteração nas associações de foraminíferos autóctones irá depender da distância à costa, bem como da densidade faunística no local de deposição.

A presença de espécies alóctones permite também estimar a distância de transporte dos sedimentos pelo *backwash* das ondas, desde que seja possível identificar o habitat original da espécie alóctone (Sugawara *et al.*, 2009).

## 2. OBJECTIVOS



## 2. OBJECTIVOS

O objectivo fundamental desta dissertação consiste em avaliar se os foraminíferos bentónicos costeiros, integrados nas associações da plataforma externa, podem representar um *proxy* para a identificação de depósitos tsunamigénicos preservados no registo sedimentar.

De forma a atingir este objectivo foi realizada uma análise dos foraminíferos bentónicos em alta resolução, cm a cm, em troços de uma sondagem realizada no âmbito do projecto “*Paleo-productividade oceânica e alterações ambientais de alta resolução. Correlação com populações de peixe – POPEI*” (PDCT/MAR/55618/2004), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. As profundidades de amostragem foram escolhidas com base nos resultados de análises granulométricas e geoquímicas, que evidenciavam a presença potencial de materiais tsunamigénicos. Foram ainda amostrados alguns intervalos sem evidências tsunamigénicas com o propósito de servirem de níveis de referência.



### 3. ENQUADRAMENTO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO





### 3. ENQUADRAMENTO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A sondagem VC2B foi recolhida a bordo do navio Auriga do Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa, no âmbito do projecto POPEI, em Janeiro de 2008, ao largo da costa algarvia, Portugal, a cerca de 25 km a SW de Faro (36.89° N; 8.07° W). Corresponde a um testemunho sedimentar da zona externa da plataforma continental, à profundidade de 99 m e com o comprimento de 499 cm (Figura 4).

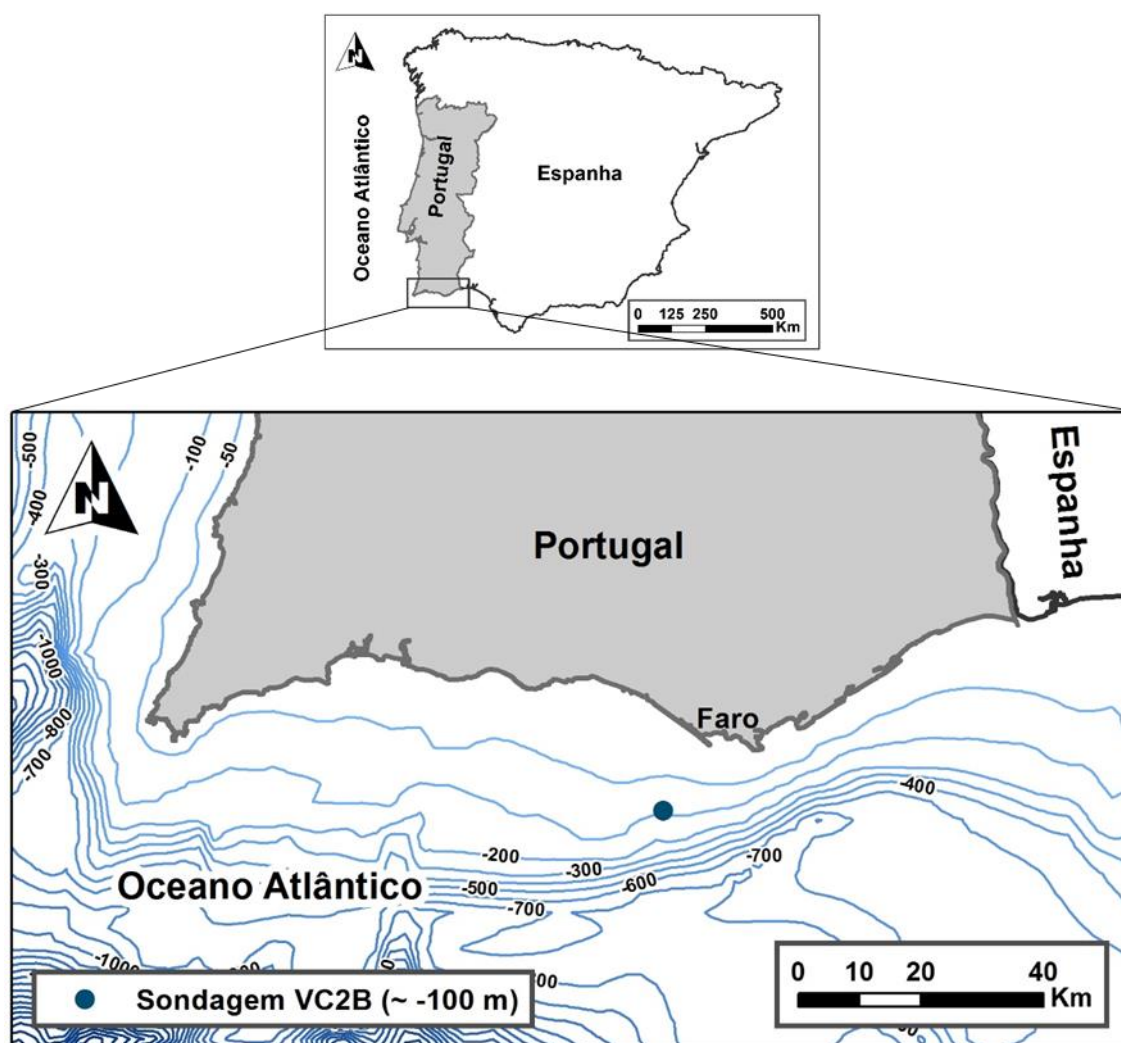


Figura 4 – Localização da sondagem VC2B.

### 3.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DA REGIÃO COSTEIRA ALGARVIA

A bacia mesozóica do Algarve instalou-se sob acção de um regime tectónico de estiramento e adelgaçamento litosféricos, associados à abertura do Atlântico central e eventualmente à formação da crosta oceânica na parte ocidental do Mar de Tétis, entre o Algarve e o norte de África (Dias *et al.*, 2013).

Após um período de sedimentação uniforme, desde o Triásico até ao Sinemuriano (Jurássico Inferior), a bacia mesozóica subdividiu-se em duas bacias, separadas por um alto estrutural (Dias *et al.*, 2013). A parte actualmente emersa é dominada por flexuras de direcção E-W, como as falhas de Silves-Quarteira, S. Estêvão - Vale Judeu e Galvanas, e por diversas fracturas de orientação N-S (Oliveira, 1992). Segundo Manupella *et al.* (1987 *in* Dias *et al.*, 2013) a bacia mesozóica apresentava a seguinte compartimentação desde o início do Jurássico Inferior (Figura 5), de acordo com a variabilidade das litofácies jurássicas identificadas:

- A sub-bacia ocidental, centrada na região a ocidente do *graben* da Sinceira, é caracterizada por sedimentação essencialmente hemipelágica durante o Jurássico Inferior e Médio, que passam a fácies de plataforma interna durante o Jurássico Superior;
- O alto estrutural de Budens-Lagoa/Algoz, caracterizado pelo domínio de sedimentação confinada durante todo o Jurássico;
- A sub-bacia oriental, entre Lagoa e Tavira, apresenta sedimentação hemipelágica confinada e uma subsidência bem marcada durante o Jurássico Inferior. Evidencia também alternância entre fácies confinadas e hemipelágicas durante o Jurássico Médio. O Caloviano Superior corresponde a um período de emersão, marcado por superfícies de erosão e *hard-grounds*. Durante o Jurássico Superior as variações de litofácies acentuam-se, à medida que o depocentro da bacia migrava para sudeste, para a região de Moncarapacho e se desenvolviam fácies bioconstruídas. A partir do Kimeridgiano Superior volta a haver uniformidade das litofácies em toda a sub-bacia, com o desenvolvimento de fácies de plataforma interna, atingindo um máximo de regressão, sem emersão, na passagem Titoniano-Cretácico.

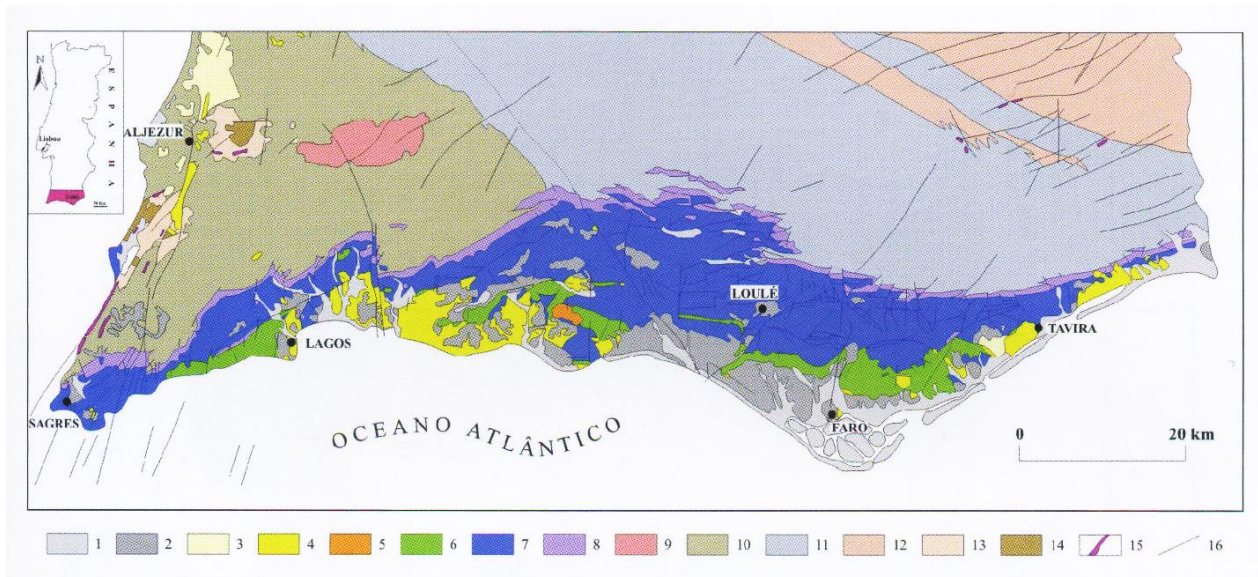


Figura 5 – Mapa geológico da Bacia Algarvia. 1. Holocénico; 2. Plistocénico; 3. Pliocénico; 4. Miocénico; 5. Paleogénico; 6. Cretácico; 7. Jurássico; 8. Triásico/Hetangiano; 9. Complexo alcalino de Monchique; 10. a 14. Paleozóico; 15. filões; 16. falhas. (adaptado de Oliveira *et al.*, 1992 in Dias *et al.*, 2013)

Do ponto de vista geomorfológico, o Algarve pode ser dividido também em três unidades: o Alto Algarve; o Barrocal e a Beira-Mar. O Alto Algarve é a unidade que se encontra mais a norte. Possui uma estrutura caracterizada por dobras e cavalgamentos com vergência para SW, destacando-se a intrusão da Serra de Monchique e o *graben* de Aljezur-Alfambra. É composto essencialmente por xistos, grauvaques e quartzitos, acompanhados por sienitos nefelínicos e brechas eruptivas da Serra de Monchique. O Barrocal apresenta uma estrutura em monoclinal dominada por flexuras com direcção E-W, aflorando maioritariamente dolomitos, calcários dolomíticos, calcários e margas. Por último, a Beira-Mar formada por rochas carbonatadas e detríticas, consiste na faixa mais meridional do Algarve na qual predomina a estrutura monoclinal que contacta com o Barrocal em geral por meio de um degrau morfológico bem visível na paisagem (Manuppella, 1992).

No Algarve as formações da base do Mesozóico repousam em discordância angular sobre os xistos e grauvaques do Grupo Flysch do Baixo Alentejo (Oliveira, 1984).

As características do relevo da orla algarvia são herdadas da sua composição litológica e da posição entre o mar e as serras do Caldeirão e de Monchique. A continuação da superfície alta da Serra do Caldeirão observa-se na parte central do Algarve (Oliveira, 1984).

Os relevos estruturais mais vigorosos encontram-se nas proximidades do maciço antigo, onde os calcários, dolomias e arenitos do Triásico e Jurássico Inferior contrastam fortemente com as margas brandas do primeiro sistema e da base do segundo. Contudo, mesmo nas áreas onde as formas estruturais são mais vigorosas, estas apresentam-se descontínuas, pois as dobras são irregulares e frequentemente cortadas por falhas. O relevo mais vigoroso de toda a orla mesoceno-zóica algarvia é a Rocha da Pena (480 m), que corresponde a uma grande superfície estrutural, com a forma de um sinclinal muito aberto, limitado por uma cornija (Oliveira, 1992).

O litoral algarvio é composto em toda a sua extensão por aplanções litorais, sendo que estas têm a sua maior extensão a sul de Faro onde as de maior altitude ultrapassam ligeiramente a cota dos 160 m (Oliveira, 1992).

A região costeira a norte da área de estudo pode ser dividida em dois troços, no que diz respeito à morfologia da zona de praia. O troço oeste, entre Quarteira e Vale do Lobo (Praia de Quarteira), caracteriza-se pela presença de arribas e praias de largura reduzida. O troço este, entre Vale do Lobo e Ria Formosa (Praia de Faro ou Ancão), caracteriza-se pela ausência de arriba litoral, e por praias com uma maior largura, limitadas interiormente por um cordão dunar bem desenvolvido.

Correia *et al.* (1997) determinaram que o principal contributo para a alimentação sedimentar do troço costeiro de Quarteira - Vale do Lobo é a erosão proveniente das arribas, sendo os restantes fornecimentos (deriva litoral, ribeiras, dunas e zona submersa) relativamente pequenos. Estas arribas encontram-se talhadas em formações Plistocénicas, compostas por areias médias, feldspáticas com quantidades variáveis de argilas (Manuppella *et al.*, 2007).

Segundo Manuppella *et al.* (2007) a região costeira mais interior é composta maioritariamente por depósitos quaternários, nomeadamente as Areias de Faro-Quarteira (Q<sub>a</sub>) e Cascalheiras e terraços (Q<sub>b</sub>). Verifica-se também a presença de algumas aluviões e sapais, de pequena dimensão, associados a ribeiras como a Ribeira de Carcava.

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO DA PLATAFORMA CONTINENTAL ALGARVIA

A plataforma continental meridional algarvia é uma plataforma estreita apresentando uma largura média na ordem dos 17 km (Andrade, 1990). Segundo Moita (1986) o estreitamento poderá ser de origem estrutural contudo, a veia de água mediterrânea, que circula pelo talude, poderá ser responsável pela erosão e consequente recuo do bordo, bem como pelos elevados declives de fundo abaixo dos -100 m. A inclinação da plataforma é variável, assumindo um declive médio de cerca de 0,8%, mas que pode oscilar entre valores máximos na ordem dos 2%, onde a largura é menor, e mínimos ligeiramente inferiores a 0,5% (Andrade, 1990).

Segundo Vanney e Mougenout (1981, *in* Andrade, 1990) a plataforma apresenta uma estrutura de construção neogénica, com continuidade lateral entre a superfície de abrasão que caracteriza a plataforma interna, afectando as camadas basculadas do Miocénico Médio e Superior, e a superfície não deposicional (ou de agradação) que limita superiormente a série prográdante plio-pleistocénica, típica da plataforma exterior. Os processos sedimentares, e de erosão, foram reactivados pela última vez, em ambas as superfícies, durante o máximo de regressão que precedeu o desencadear da transgressão Holocénica (Vanney e Mougenot 1981; Mougenout 1989; *in* Andrade, 1990).

O bordo da plataforma algarvia encontra-se entre os 105 m e os 140 m de profundidade, estando por vezes entalhado por pequenos canhões submarinos, dos quais se destacam os de Portimão, Lagos e Faro. Estes aparentam ter origem estrutural apresentando-se, em parte, encaixados entre planaltos marginais. A partir do bordo da plataforma inicia-se o talude continental, caracterizado pelo seu declive mais acentuado, que é interrompido por planaltos marginais constituindo uma série de degraus, sensivelmente entre os 700 m e 800 m de profundidade, separados por cabeceiras de canhões ou por fossas (Moita, 1986).

### 3.4. OCEANOGRAFIA

#### 3.4.1. ATLÂNTICO NORTE

##### CIRCULAÇÃO SUPERFICIAL

A circulação superficial do Oceano Atlântico é motivada por dois grandes sistemas anticiclónicos, também designados de giros (*gyres*). Estes sistemas são induzidos pelos ventos alísios (*trade winds*) e encontram-se separados na região equatorial pela Contracorrente Equatorial (*Equatorial Countercurrent*). No Atlântico Norte a circulação ocorre no sentido horário enquanto que no Atlântico Sul esta se desenvolve no sentido oposto (Pickard e Emery, 1990).

O sistema anticiclónico do Atlântico Norte inicia-se com a Corrente Equatorial Norte (*North Equatorial Current*) impulsionada pelos ventos alísios vindos do quadrante nordeste. A corrente é deslocada para oeste contactando com parte da Corrente Equatorial Sul (*South Equatorial Current*) que atravessa o equador. Nesta fase a corrente divide-se em dois ramos, um que segue para noroeste passando a designar-se de Corrente das Antilhas (*Antilles Current*), e outro que atravessa as Caraíbas e o Canal de Iucatão até chegar ao Golfo do México. Durante o percurso da corrente pelas Caraíbas, esta é actuada por ventos vindos de leste que provocam um empolamento das águas no Golfo do México. A corrente da Florida (*Florida Current*) forma-se quando estas águas saem do Golfo entre a ilha de Cuba e a Florida. As características desta corrente demonstram que ela é composta maioritariamente pelas águas que atravessaram as Caraíbas e apenas uma pequena parte corresponde às águas do Golfo do México. Ao ultrapassar a Florida, a corrente une-se com a Corrente das Antilhas e a partir do cabo de Hatteras, onde se afasta da costa, passa a ser designada de Corrente do Golfo (*Gulf Stream*). A Corrente do Golfo flui em direcção a nordeste e a partir dos Grandes Bancos da Terra Nova passa a ser designada por Corrente do Atlântico Norte (*North Atlantic Current*). Esta corrente divide-se em duas partes. Um ramo inflecte para nordeste, em direcção à Escócia e à Islândia, contribuindo para a circulação superficial dos mares da Noruega, Gronelândia e Ártico. O outro ramo flui para sul, passando ao largo de Portugal (Corrente de Portugal) e do Norte de África (Corrente das Canárias) para completar o ciclo do Giro do Atlântico Norte e alimentar a Corrente Equatorial Norte (Pickard e Emery, 1990).

## CIRCULAÇÃO INTERMÉDIA E DE FUNDO

A circulação e algumas características das correntes de fundo do Oceano Atlântico encontram-se representadas na Figura 6.

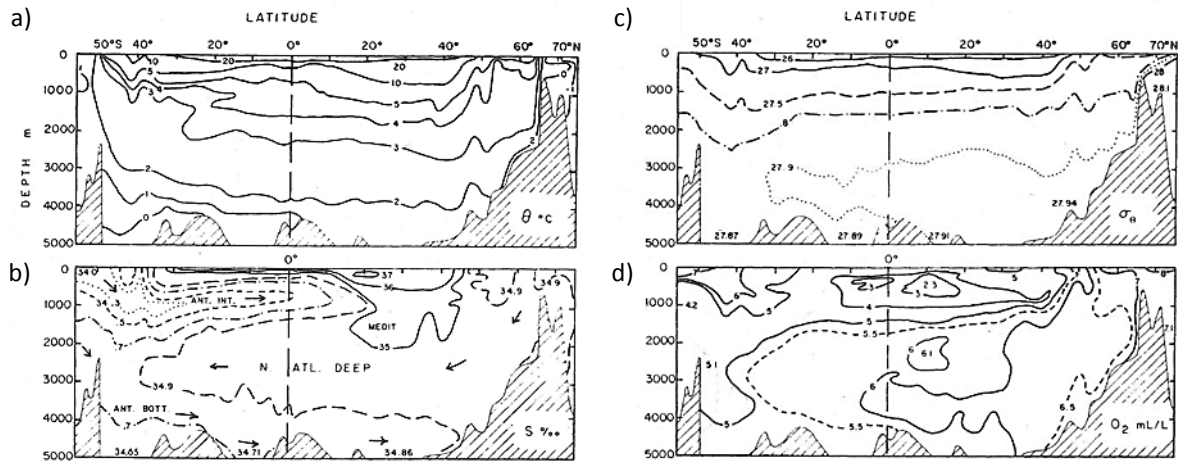


Figura 6 – Secção vertical sul-norte do Oceano Atlântico representando várias propriedades da água: temperatura potencial (a); salinidade (b); densidade potencial (c) e oxigénio dissolvido (d) (adaptado de Pickard e Emery, 1990).

As maiores variações de temperatura verificam-se na camada superficial, tanto horizontal como verticalmente. Contudo, se se analisar a massa de água como um todo, observa-se que os gradientes das propriedades representadas são bastante mais acentuados no eixo vertical do que no horizontal (Pickard e Emery, 1990).

Entre as águas intermédias e as águas de fundo existe uma grande massa de águas profundas que se estendem do Atlântico Norte ao Sul e se difundem por todos os oceanos, sendo mais evidentes na dispersão da salinidade e temperatura. Inicialmente a origem aceite para esta massa de água estava relacionada com os mares de Labrador e Irminger, a sul da Gronelândia. Passou entretanto a considerar-se que a maior contribuição para as Águas Profundas Norte Atlânticas, cerca de 80%, vem do mar da Gronelândia (Pickard e Emery, 1990). Parte da origem destas águas está relacionada com a Corrente do Golfo. Esta corrente quente ao fluir para norte sofre um processo de arrefecimento, que a leva a ganhar densidade e a descer rapidamente para grandes profundidades, fluindo juntamente com as águas do sul da Islândia, mar da Gronelândia, Labrador e Irminger através das soleiras entre a Gronelândia e Escócia. Esta massa flui para sul e oeste misturando-se com a massa de água que se situa sobre ela, as Águas Centrais do Atlântico Norte (*North Atlantic Central Waters - NACW*) e formando as Águas Profundas do Atlântico Nordeste (*Northeast Atlantic Deep Waters - NADW*). Parte desta corrente segue o seu

percurso para sul na bacia oriental do Atlântico Norte sobre as águas de fundo de origem antártica. A restante parte segue para oeste, atravessando o rifte médio oceânico para a bacia ocidental (Pickard e Emery, 1990).

#### 3.4.2. REGIÃO A SUL DE PORTUGAL CONTINENTAL

De acordo com Moita (1986), na região algarvia as correntes de deriva dominam sobre as de maré. Os rumos predominantes de agitação marítima oscilam entre SW e SE, sendo a SW que está associado o maior número de ocorrências. A agitação marítima é responsável pela corrente de deriva litoral, cujo sentido depende do rumo da agitação e da direcção da linha de costa, sendo normalmente predominante para leste.

O clima tipicamente quente e seco sobre a região do Mar Mediterrâneo, provoca uma forte evaporação, tornando a água mais densa e muito salgada o que a leva a descer até aos fundos mediterrânicos. O contraste entre a densidade desta água e a do Atlântico NE, menos densa e salgada, faz com que o fluxo pelo Estreito de Gibraltar se proceda por duas camadas distintas. Uma camada superficial que transporta água do Atlântico Nordeste para o interior do Mediterrâneo e outra, mais profunda, e de alta velocidade, que transporta água mais densa do Mediterrâneo para o Golfo de Cádiz. Ao passar o Estreito de Gibraltar esta dispersa-se para oeste e desce o talude continental (Baringer e Price, 1999), formando uma mancha de elevada salinidade entre os 500 m e 3000 m (Pickard e Emery, 1990).

A água que flui do Mediterrâneo pelo Estreito de Gibraltar (*Mediterranean Outflow Water - MOW*) pode ser dividida em três núcleos (Figura 7). Estes são dificilmente distinguíveis junto ao estreito mas, à medida que nos afastamos para oeste, podem ser identificadas três veias de água pelos seus máximos de temperatura e salinidade, estando a veia superior entre 400-600 m de profundidade, a intermédia em torno de 800 m de profundidade e a inferior abaixo de 1200 m de profundidade (Ambar *et al.*, 1999; Marchès *et al.*, 2010).



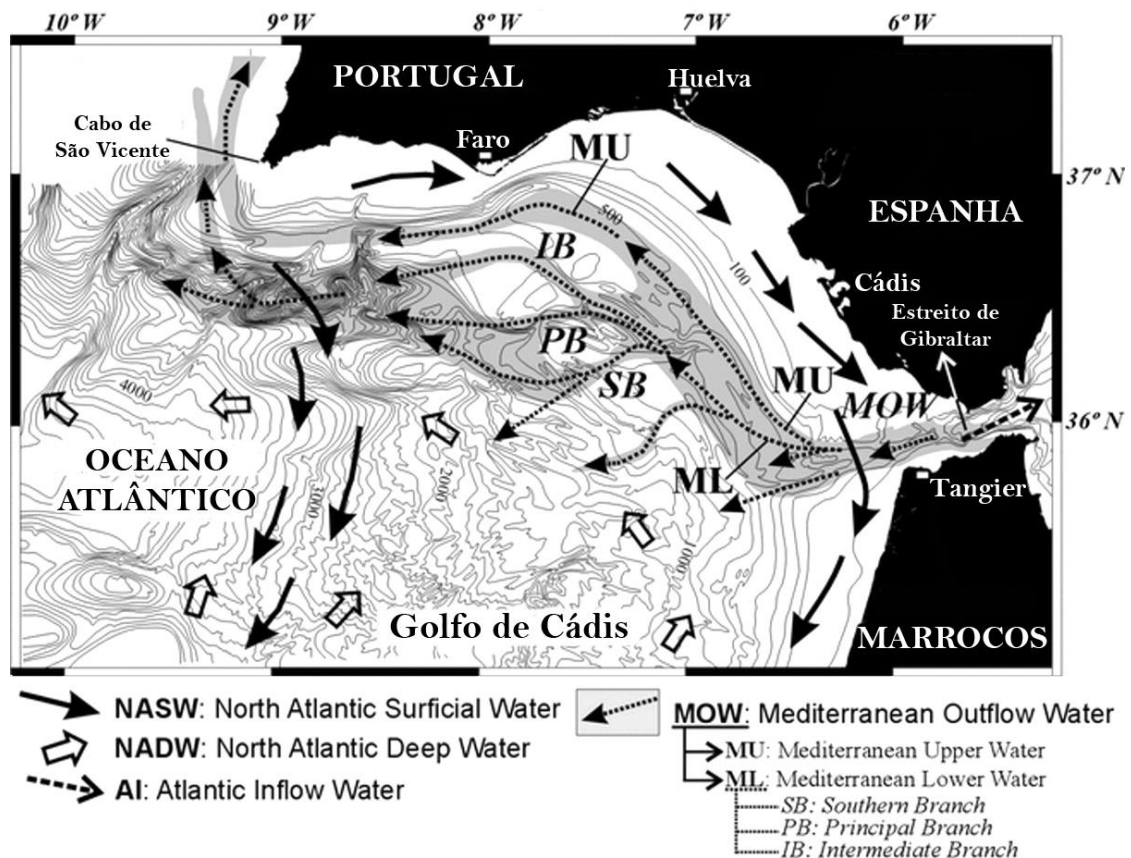


Figura 7 – Mapa batimétrico regional com a circulação da MOW na região do Golfo de Cádiz. Batimetria em metros (adaptado de Hernández-Molina *et al.*, 2003).

A topografia de fundo do Estreito de Gibraltar e do Golfo de Cádiz, nomeadamente a presença de cristas deposicionais e canhões submarinos, tem um efeito muito importante sobre a dinâmica da veia de água do Mediterrâneo influenciando o seu percurso e estrutura (Baringer e Price, 1999).

A velocidade desta corrente é muito elevada no Estreito de Gibraltar, mas vai diminuindo em direcção ao Cabo de São Vicente onde, por acção da força de Coriolis, uma parte inflecte para norte, deslocando-se ao largo da costa oeste portuguesa (Relvas e Barton, 2002; Marchès *et al.*, 2007) e outra parte segue para oeste ao longo do contacto entre a plataforma externa e talude continental (Relvas e Barton, 2002; Baringer e Price, 1999).

A veia de água Mediterrânea é em parte responsável pelo declive do talude continental por ser uma corrente de elevada densidade que circula pelo fundo oceânico e provoca a erosão deste (Moita, 1986; Relvas e Barton, 2002).

### 3.4.3. *UPWELLING*

O *upwelling* é um fenómeno oceanográfico que pode ocorrer numa região costeira quando a ocorrência de ventos favoráveis, a soprar paralelamente à costa, provoca a deslocação da camada de água superficial para o largo, de onde resulta a ascensão de uma camada de água mais profunda, fria e rica em nutrientes.

O deslocamento do núcleo do anticiclone dos Açores para norte e o enfraquecimento do ciclone da Islândia, em situação de Verão, deixam Portugal Continental sob um regime de ventos fortes do quadrante norte, favorável à ocorrência de *upwelling* costeiro sazonal. Este fenómeno atinge maior expressão ao longo da costa oeste da Península Ibérica normalmente entre Abril e Setembro (*e.g.* Relvas e Barton, 2002). Por outro lado, ao longo da costa sul portuguesa, ocorre *upwelling* ocasional quando os ventos vêm do quadrante oeste (Loureiro *et al.*, 2005). Após um período prolongado de vento norte e de produção de *upwelling* na costa oeste, a água rica em nutrientes contorna frequentemente o Cabo S. Vicente e flui para leste ao longo da plataforma sul (Relvas e Barton, 2002). Durante o Verão, a direcção do vento é afectada pelo estabelecimento de um centro de baixas pressões de origem térmica sobre a Península Ibérica. Este fenómeno traduz-se numa tendência de movimentação dos ventos para leste na região a sul de Portugal (Relvas e Barton, 2002).

Frequentemente, uma contracorrente costeira transporta águas quentes para oeste ao longo da costa algarvia, ocasionalmente circulando em torno de Cabo S. Vicente e deslocando-se para norte, durante os períodos prolongados de enfraquecimento do regime de nortadas. Este fluxo é potenciado por um gradiente de pressão ao longo da costa, cujo efeito pode ser aumentado ou reduzido por acção do vento. Contudo, este fluxo ao longo da costa pode inverter-se quando actuam ventos fortes vindos de oeste que são capazes de originar um fenómeno de *upwelling* costeiro na plataforma continental algarvia (Relvas e Barton, 2002).

## 4. MATERIAL, MÉTODOS E RESULTADOS PRÉVIOS



#### 4. MATERIAL, MÉTODOS E RESULTADOS PRÉVIOS

A sondagem de sedimentos foi recolhida com um *Vibrocore*, um processo eficaz para a colheita de amostras das camadas superficiais do substrato marinho. Este método permite recolher amostras com uma componente arenosa significativa, que impede o funcionamento dos amostradores de gravidade. O equipamento é colocado no fundo marinho, na vertical, e cravado por acção da vibração desencadeada por um motor localizado no topo do aparelho.

Posteriormente, a sondagem foi cortada em várias secções e foi aberta no laboratório do IPMA (Tavira). As duas metades foram sendo amostradas para diversos estudos, mantendo-se armazenadas a 4 °C e enroladas em película aderente para preservar a humidade do sedimento.

No âmbito do projecto POPEI foram realizadas uma série de análises aos sedimentos desta sondagem, tais como o estudo das populações de foraminíferos bentónicos, granulometrias, determinação de teores em matéria orgânica e em carbonatos, parâmetros magnéticos, datações radiométricas ( $^{14}\text{C}$ ), entre outras.

Relativamente ao estudo das populações de foraminíferos bentónicos, este foi realizado em baixa resolução (*i.e.* de 10 em 10 cm). Os resultados obtidos revelaram a diminuição de espécies associadas a águas pouco profundas e substratos grosseiros (*Rosalina* sp. e *C. pseudoungerianus*) da base para o topo da sondagem, acompanhando o decréscimo da deposição da fracção arenosa. Esta alteração nas populações torna-se mais acentuada a partir dos *ca.* 5 000 anos cal. BP, quando a subida do nível médio do mar atingiu aproximadamente os valores actuais (Teixeira *et al.*, 2005), e o local de amostragem, inicialmente posicionado entre a plataforma interna e a plataforma média, terá estabilizado sob as condições do ambiente de plataforma externa actual. Esta análise revelou ainda a prevalência de condições de produtividade estáveis, próximas das actuais, durante os últimos 12 000 anos BP e em particular nos últimos 5 000 anos BP (Bento *et al.*, 2010).

A análise granulométrica foi realizada de 5 em 5 cm ao longo de toda a sondagem e de cm em cm nos intervalos destacados pelos indicadores tsunamigénicos. Utilizou-se o sedimentrógrafo laser Malvern Mastersizer Hydro 2000G com *software* adequado que fornece os resultados em forma de percentagem de volume para toda a distribuição

textural ( $<0,001 \mu\text{m}$  a  $2 \text{ mm}$ ). Os resultados cedidos pelo projecto POPEI mostram que a sondagem é composta essencialmente por materiais da classe dos lodos ( $>95\%$  de lodos), lodos ligeiramente arenosos ( $75\%$  a  $95\%$  de lodos) e lodos arenosos ( $50\%$  a  $75\%$  de lodos). De um modo geral os níveis menos grosseiros da sondagem estendem-se do topo até  $-120 \text{ cm}$ . Entre  $-456 \text{ cm}$  e a base verifica-se uma tendência de aumento gradual da textura com a profundidade.

Ao analisar o diâmetro médio das partículas (Figura 8a), verificou-se a existência de níveis que apresentam um aumento súbito do diâmetro das partículas (média granulométrica), que por sua vez se traduz num aumento da percentagem da areia. A génese destes materiais mais grosseiros, atípicos no contexto da plataforma externa, poderá estar associada a eventos tsunamigénicos, o que conduziu ao desenvolvimento de vários estudos, em curso no âmbito do Projecto POPEI, como é o caso da presente dissertação. Desta forma, as amostras analisadas no âmbito deste trabalho correspondem a estes intervalos mais grosseiros, incluindo os níveis de textura fina que os enquadram, antes e depois da sua ocorrência.

Foram também realizadas nove datações radiométricas, por  $^{14}\text{C}$ , ( $131 \text{ cm}$ ,  $201 \text{ cm}$ ,  $270 \text{ cm}$ ,  $283 \text{ cm}$ ,  $301 \text{ cm}$ ,  $417 \text{ cm}$ ,  $440 \text{ cm}$ ,  $467 \text{ cm}$  e  $498 \text{ cm}$ ; Tabela C. 1). Para os  $30 \text{ cm}$  iniciais foi utilizada a técnica do  $^{210}\text{Pb}$  para o cálculo da estimativa das idades. A partir das idades calibradas destas datações, procedeu-se à construção do modelo de idades utilizando o *software* Clam (versão 2.1; Blaauw, 2010; Figura 8b) e ao cálculo das taxas de sedimentação em dez troços da sondagem. Os valores obtidos variam entre  $0,008 \text{ cm/ano}$  e  $0,5 \text{ cm/ano}$ , revelando uma diminuição da taxa de sedimentação em profundidade, particularmente a partir dos  $-440 \text{ cm}$ .

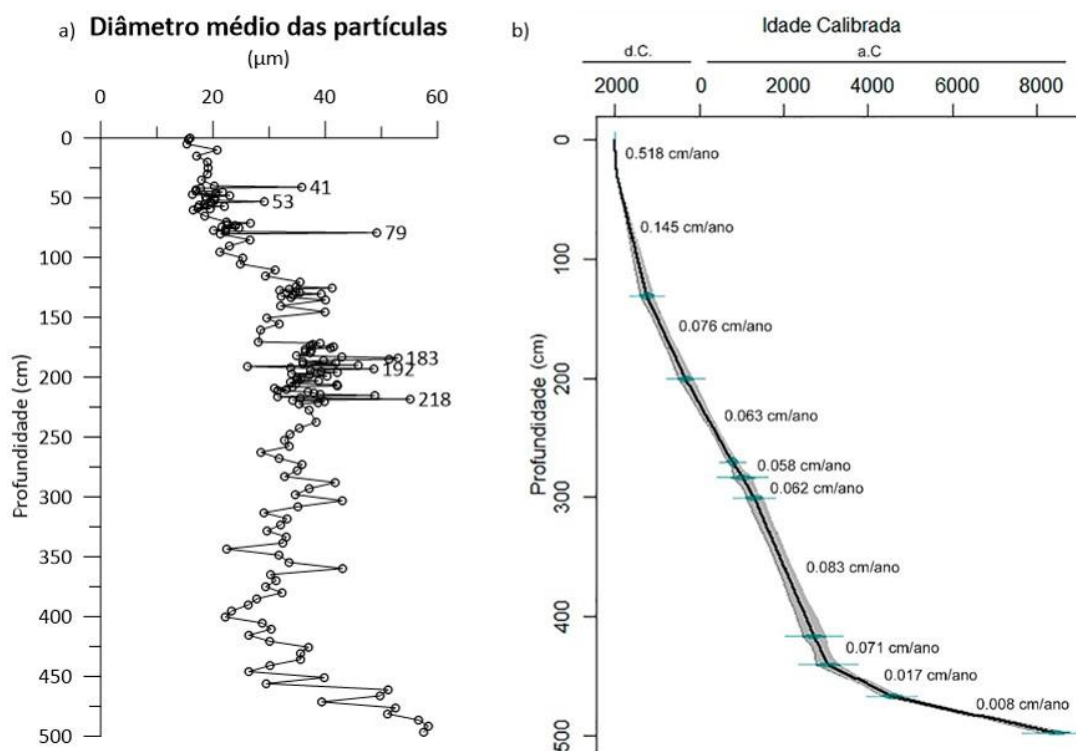


Figura 8 – Variação da textura do sedimento em função da profundidade (a) e datações realizadas na sondagem em idade calibrada d.C./a.C. (2σ – 95%), com as respectivas taxas de sedimentação (b).

O teor de matéria orgânica (Figura 9a) foi obtido por calcinação de 200 mg de sedimento na mufla a 450 °C durante duas horas. Os resultados oscilam aproximadamente entre 3% e 10%, apresentando uma tendência de diminuição gradual em profundidade. Esta diminuição é mais acentuada desde a superfície até sensivelmente aos -170 cm. Deste nível aos -400 cm o teor de matéria orgânica mantém-se razoavelmente constante, tornando a diminuir de forma mais acentuada entre -400 cm e a base.

O teor em carbonatos (Figura 9b) foi medido com um calcímetro Eijkelkamp 8.53. Os valores oscilam aproximadamente entre 16% e 32%, aumentando gradualmente desde a superfície até -135 cm. Entre -135 cm e -450 cm não sofrem grandes variações e a partir deste último nível até à base apresentam um aumento acentuado, relacionado com o aumento em sedimentos mais grosseiros de origem biogénica.

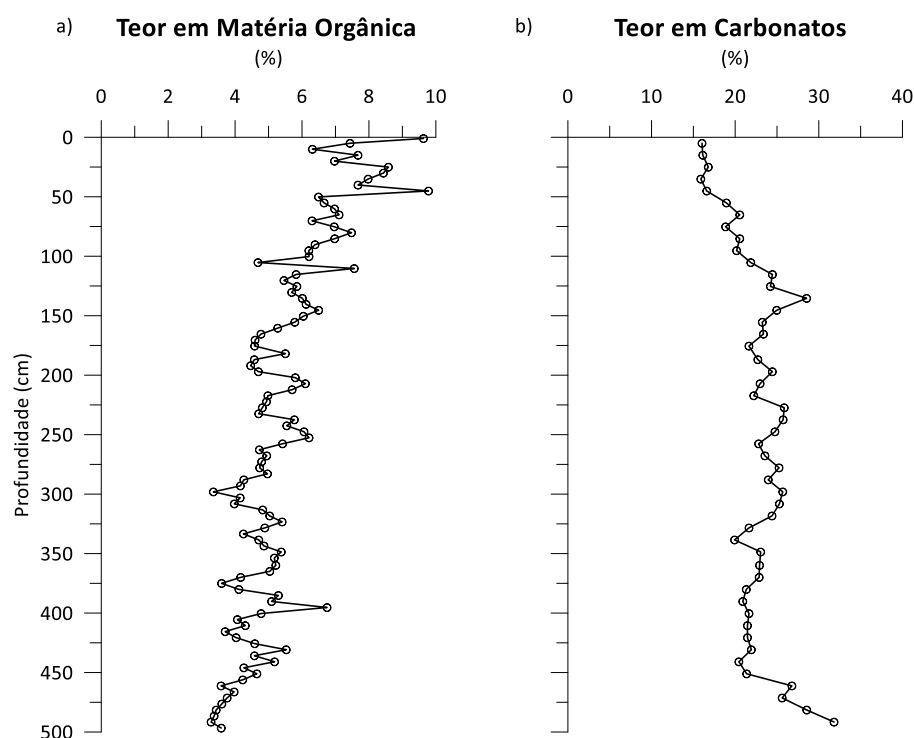


Figura 9 – Variação do teor em matéria orgânica, a cada 5 cm (a) e do teor em carbonatos a cada 10 cm (b).

#### 4.1. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foi realizada uma amostragem cm a cm, nos intervalos 38-54 cm, 58-64 cm, 71-81 cm, 98-103 cm, 181-185 cm, 191-196 cm, 217-222 cm, totalizando um conjunto de 57 amostras.

O material recolhido foi colocado em sacos de plástico referenciados que posteriormente foram colocados na estufa. Quando os sedimentos secaram, transferiram-se para copos de vidro referenciados e foram pesados, determinando-se assim o peso bruto seco de cada amostra.

De seguida encheu-se o copo com água até cobrir a amostra e deixou-se a repousar durante alguns dias, de forma a facilitar a desagregação da amostra.

Procedeu-se depois à lavagem das amostras com água da torneira, tépida, através de um crivo com malha de 63  $\mu\text{m}$ . O resíduo de lavagem, que corresponde às partículas de dimensões superiores a 63  $\mu\text{m}$ , foi recuperado para um copo de vidro e colocado na estufa, a uma temperatura inferior a 60 °C. Posteriormente determinou-se o seu peso seco e iniciou-se a análise da microfauna. O resíduo de dimensões inferiores a 63  $\mu\text{m}$  foi descartado.



## 4.2. OBSERVAÇÃO À LUPA BINOCULAR

Fatela e Taborda (2002) mostram que numa contagem de 100 indivíduos a probabilidade de ignorar espécies com uma proporção de 0,05 é inferior a 0,7%. Ao aumentar o número de indivíduos contados para 300, esta probabilidade desce para menos de  $3 \times 10^{-5}\%$ . Neste estudo o número de espécimens contados por amostra é sempre superior a 300 (Anexo A). Optou-se por realizar contagens com maior número de indivíduos, uma vez que se pretende identificar sinais de depósitos de tsunamis, a partir da presença de espécies costeiras. Dada a profundidade da sondagem, estes sinais estarão muito provavelmente mal representados e misturados com as tanatocenoses muito abundantes que caracterizam o ambiente de plataforma continental externa, exigindo uma boa precisão na identificação de espécies que representem uma pequena proporção da associação.

Devido à elevada quantidade de foraminíferos existente no resíduo de lavagens das amostras, houve a necessidade de proceder ao seu quarteamento até obter fracções mais pequenas, que variaram de 1/16 a 1/256 do total.

A análise microfaunística foi realizada na lupa binocular “Olympus SZX12”, que permite uma ampliação até 135 vezes, com oculares de 15x. Foram triados todos os foraminíferos presentes na fracção quarteada, para posterior identificação e contagem.

## 4.3. DENSIDADE E DIVERSIDADE DAS POPULAÇÕES

Em primeiro lugar efectuou-se o cálculo da densidade das populações sobre a forma de número de foraminíferos por grama de sedimento bruto e seco.

Procedeu-se à avaliação da diversidade das populações recorrendo ao cálculo do índice de diversidade de Shannon-Wiener. Este pode ser calculado pela seguinte equação (Murray, 2006):

$$H(s) = - \sum_i p_i \ln(p_i)$$

Em que:

$p_i$  é a proporção de cada espécie presente na amostra;

$i$  é o número de espécies;

$\ln$  é o logaritmo neperiano.

#### 4.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Quanto à análise estatística multivariada foram aplicados dois métodos, um de ordenação e outro de classificação. Estes métodos foram aplicados ao conjunto de dados que corresponde à população com todas as espécies que apresentam abundância superior a 5%, pelo menos numa amostra, à excepção das espécies dominantes e comuns. Para classificar as espécies como dominantes e comuns entrou-se em linha de conta com a sua abundância e frequência, utilizando-se o critério descrito por Murray (2007). Este classifica as espécies dominantes, como as mais abundantes numa associação, e que apresentem abundância superior a 10% em todas as amostras. As espécies comuns são descritas como as espécies que apresentam abundância superior a 10%, pelo menos numa amostra.

Devido à elevada variação entre o número de indivíduos contados em cada amostra, os dados foram sempre processados sobre a forma das suas abundâncias relativas.

Foi ainda realizada uma transformação logarítmica de base 10 aos resultados da abundância relativa. Esta é adequada quando se pretende diminuir o peso de espécies com forte abundância num amplo conjunto de dados e tornar a sua frequência mais comparável com as das restantes espécies (Lepš e Šmilauer, 2003). Por haver espécies que estão ausentes nalgumas amostras, representadas pelo valor 0 na matriz de dados, foi necessário adicionar uma constante a toda a matriz (1) para que fosse possível realizar a transformação logarítmica.

O primeiro método de análise estatística multivariado escolhido foi a Análise de *Clusters*. Trata-se de um método de classificação que tem por objectivo agrupar entidades, como amostras ou espécies, em grupos internamente homogéneos e distintos uns dos outros, quantificando as suas relações (Lepš e Šmilauer, 2003). Este método foi aplicado recorrendo ao *software* PAST (Hammer *et al.*, 2001). O algoritmo escolhido para este método foi o *Paired group* (UPGMA) e o índice de similaridade o Bray-Curtis.

O algoritmo o *Paired group* (UPGMA) une os *clusters* com base na distância média entre todos os pares de membros possíveis (Jongman *et al.*, 1995).

O índice de similaridade de Bray-Curtis é comumente utilizado para dados de abundância (Hammer, 2013). Os resultados deste índice estatístico podem assumir qualquer valor dentro do intervalo de 0 a 1.

Quanto aos métodos de ordenação, estes têm como objectivo a análise das semelhanças, ou diferenças, entre entidades em termos de colocação num espaço multidimensional. Foi necessário determinar primeiro qual seria o mais adequado para o conjunto de dados a tratar. Para tal, teve-se em conta o comprimento do gradiente (*gradient length*). O comprimento do gradiente mede a diversidade beta numa comunidade ao longo de gradientes ambientais independentes. Se o gradiente mais elevado for maior que 4, o método mais adequado será um unimodal (*Detrended Correspondence Analysis* ou *Canonical Correspondence Analysis*). O uso de um método linear deve ser aplicado quando o gradiente é menor que 3, sendo mais adequado quando os dados são mais homogéneos e não se desviam muito de um comportamento linear. Por fim se o gradiente mais elevado se situar entre 3 e 4, podem ser utilizados qualquer um ou ambos os métodos (Lepš e Šmilauer, 2003).

O comprimento máximo dos gradientes obtido foi 0,682, pelo que será mais adequado utilizar um método de ordenação linear, tendo-se optado pela Análise de Componentes Principais (ACP).

Os métodos lineares são os mais simples porque assumem que a resposta de uma espécie a uma variável ambiental é linear. Por outro lado, os métodos unimodais assumem que existe um intervalo óptimo para a espécie no gradiente ambiental e que a resposta em torno deste é simétrica (Lepš e Šmilauer, 2003), o que os torna mais adequados para caracterizar a distribuição ecológica da maior parte das populações.

A ACP foi aplicada recorrendo ao *software* MVSP. Os resultados encontram-se apresentados num diagrama de ordenação, sob a forma de um *biplot*, em que se exhibe a distância entre amostras em simultâneo com a relação entre espécies.

Num diagrama de ordenação as amostras são representadas como pontos. Ao analisar a sua distribuição, a distância entre amostras representa uma medida de dissimilaridade, ou seja, quanto mais afastadas se encontrarem duas amostras maior a sua dissimilaridade (Lepš e Šmilauer, 2003).

As espécies são representadas como vectores, normalmente com a forma de uma seta. A direcção relativa das setas que representam cada espécie constitui uma medida aproximada dos coeficientes de correlação entre elas. Desta forma, setas que apontem na mesma direcção apresentam uma forte correlação positiva, enquanto que setas que

apontem em direcções opostas apresentam uma forte correlação negativa. Se dois vectores formarem um ângulo recto então é espectável que as respectivas espécies apresentem uma correlação muito baixa, praticamente não existente (Lepš e Šmilauer, 2003). Individualmente a direcção de um vector representa a direcção de maior variação para a espécie e seu o comprimento é proporcional à magnitude desta variação (Kovach Computing Services, 2007).

A posição dos pontos em relação aos vectores, determinada por linhas perpendiculares que unem os pontos às setas, indica a relação entre as amostras e as espécies. Os pontos que se encontrarem mais perto da extremidade da seta são aqueles que apresentam maior abundância dessa espécie (Lepš e Šmilauer, 2003; Figura 10).

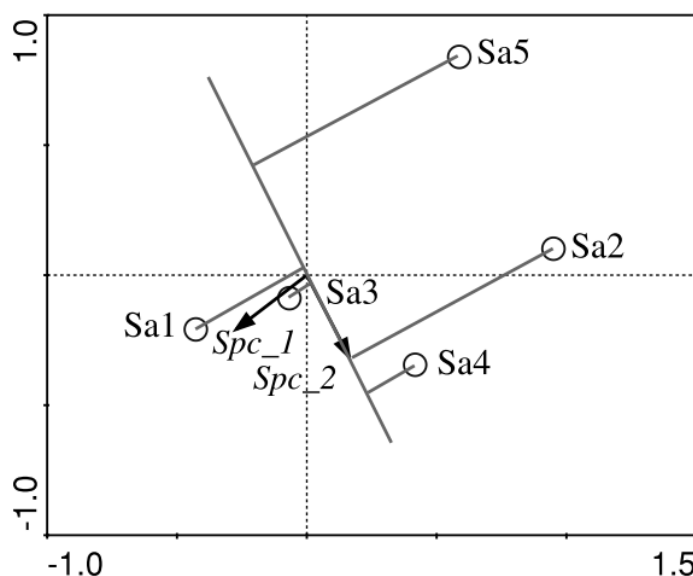


Figura 10 – Projeção dos pontos das amostras em relação ao vector da espécie *Spc\_2*. As amostras Sa2 e Sa4 aparentam ter a maior abundância da espécie, prevê-se que a amostra Sa3 tenha uma baixa abundância perto dos valores médios da espécie *Spc\_2* e por fim que as menores abundâncias estejam ligadas às amostras Sa1 e Sa5 (Lepš e Šmilauer, 2003).

Os dados encontram-se centrados em relação às espécies. Esta é uma opção de padronização comum quando se pretende avaliar a resposta de um conjunto de espécies, com comportamentos muito diferentes entre si, a variáveis ambientais. Consequentemente estas espécies vão apresentar potenciais de ocorrência no meio também bastante distintos entre si (Lepš e Šmilauer, 2003).

Não foi realizada a estandardização da matriz, uma vez que esta é mais adequada para casos em que as variáveis tenham sido medidas em unidades diferentes. Desta forma foi produzida uma matriz de covariância em vez de uma matriz de correlação (Lepš e Šmilauer, 2003).

## 5. LISTA SISTEMÁTICA



## 5. LISTA SISTEMÁTICA

A classificação das espécies foi realizada de acordo com Debenay (2012). Foram consideradas todas as espécies que representam mais de 1% da associação pelo menos numa das amostras.

Neste capítulo apresenta-se também um resumo semi-quantitativo da distribuição das espécies nas amostras analisadas. A sua abundância foi classificada da seguinte forma:

- Muito reduzida se representar, menos de 1% da associação, em mais de 2/3 das amostras;
- Reduzida se representar, 1% a 2% da associação, em mais de 2/3 das amostras;
- Moderada se representar, 2% a 6% da associação, em mais de 2/3 das amostras;
- Abundante se representar, 6% a 10% da associação, em mais de 2/3 das amostras;
- Muito abundante se representar, mais de 10% da associação, em mais de 2/3 das amostras.

Reino **PROTOCTISTA** Margulis, 1990

Filo **GRANULORETICULOSA** Lee, 1990

Classe **FORAMINIFERA** d'Orbigny, 1826

Ordem **TEXTULARIIDA** Delage e Herouard, 1896

Subordem **TEXTULARIINA** Delage e Herouard, 1896

Superfamília Trochamminacea Schwager, 1877

Família Trochamminidae Schwager, 1877

Subfamília Polystomammininae Brönnimann e Beurlen, 1977

Género *Lepidodeuterammina* Brönnimann e Whittaker, 1983

***Lepidodeuterammina ochracea*** (Williamson, 1858) - Est. I, figs. 2a-b

1858 *Rotalina ochracea* Williamson, p. 55, est. 4, fig. 112, est. 5, fig. 113

2001 *Lepidodeuterammina ochracea* (Williamson), Debenay *et al.*: p. 86, est. 1, figs. 12-13

Apresenta uma proporção muito reduzida, destacando-se a maior abundância nos níveis -40 cm, -42 cm e -49 cm. A sua proporção vai diminuindo progressivamente em profundidade a partir de -49 cm e está ausente em várias amostras.

Superfamília Textulariaceae Ehrenberg, 1838

Família Textulariidae Ehrenberg, 1838

Subfamília Textulariinae Ehrenberg, 1838

Género *Textularia* Defrance, 1824

***Textularia conica*** d'Orbigny, 1839 - Est. I, fig. 3

1839 *Textularia conica* d'Orbigny, p. 135, est. 1, figs. 19-20

1995 *Textularia conica* d'Orbigny, Levy *et al.*: est. III, fig. 5

2012 *Textularia conica* d'Orbigny, Debenay: p. 96

Apresenta uma proporção muito reduzida. Aumenta ligeiramente de forma pontual entre 181 cm e 222 cm de profundidade.

Ordem **LAGENIDA** Lankester, 1885

Superfamília Polymorphinacea d'Orbigny, 1839

Família Ellipsolagenidae A. Silvestri, 1923

Subfamília Ellipsolageninae A. Silvestri, 1923

Género *Fissurina* Reuss, 1850

***Fissurina cf. lucida*** (Williamson, 1848) - Est. I, fig. 5

1848 *Entosolenia marginata* (Montagu) var. *lucida* Williamson, p. 17, est. 2, fig. 17

1971 *Fissurina lucida* (Williamson), Murray: pp. 96-97, est. 39, figs. 1-3

2012 *Fissurina lucida* (Williamson), Debenay: p. 147

Apresenta uma proporção muito reduzida em todas as amostras analisadas.



Ordem **BULIMINIDA** Fursenko, 1958

Superfamília Bolivinaea Glaessner, 1937

Família Bolivinidae Glaessner, 1937

Gênero *Bolivina* d'Orbigny, 1839***Bolivina pseudoplicata*** Heron-Allen e Earland, 1930 - Est. I, fig. 61930 *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen e Earland, p. 81, est. 31971 *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen e Earland, Murray: pp. 106-107, est. 43, figs. 1-7

Apresenta uma proporção muito reduzida, que aumenta ligeiramente entre -181 cm e -222 cm.

***Bolivina spathulata*** (Williamson, 1858) - Est. II, fig. 11858 *Textularia variabilis* var. *spathulata* Williamson, p. 76, est. 6, figs. 164-1651971 *Brizalina spathulata* (Williamson), Murray: pp. 110-111, est. 45, figs. 1-42012 *Bolivina spathulata* (Williamson), Debenay: p. 171

Distingue-se das restantes *Bolivinas* pela sua forma achatada, extremidade aguda no bordo inferior das câmaras e linhas de sutura aproximadamente rectas.

Muito abundante em todas as amostras.

Gênero *Bolivinellina* Saidova, 1975***Bolivinellina translucens*** (Phleger e Parker, 1951) - Est. II, fig. 21951 *Bolivina translucens* Phleger e Parker, p. 15, est. 7, figs. 13-142004 *Brizalina translucens* (Phleger e Parker), Diz: p. 467, fig. 42012 *Bolivinellina translucens* (Phleger e Parker), Debenay: p. 172

Apresenta abundância reduzida em todas as amostras analisadas.

Género *Brizalina* O. G. Costa, 1856

***Brizalina pseudopunctata* (Höglund, 1947) - Est. II, fig. 3**

1947 *Bolivina pseudopunctata* Höglund, pp. 273-274, est. 24, figs. 5a-b, est. 32, figs. 23-24

1971 *Brizalina* cf. *B. pseudopunctata* (Höglund), Murray: pp. 108-109, est. 44, figs. 3-6

Por vezes é difícil distinguir esta espécie de *B. spathulata* contudo, esta separação pode ser feita atendendo ao critério da porosidade. *Brizalina pseudopunctata* apresenta uma porosidade característica que ocupa a metade inferior de cada câmara, enquanto que em *B. spathulata* a porosidade ocorre dispersa por toda a câmara.

Muito abundante em todas as amostras estudadas.

***Brizalina subaenariensis* (Cushman, 1922) - Est. II, figs. 4a-c**

1922 *Bolivina subaenariensis* Cushman, p. 46, est. 7, fig. 6

1971 *Brizalina subaenariensis* (Cushman), Murray: pp. 110-111, est. 45, figs. 5-7

Apresenta estrias longitudinais que se prolongam em geral desde a primeira câmara até 2/3 da altura da carapaça. Tem uma proporção reduzida em todas as amostras.

Superfamília Cassidulinacea d'Orbigny, 1839

Família Cassidulinidae d'Orbigny, 1839

Subfamília Cassidulininae d'Orbigny, 1839

Género *Cassidulina* d'Orbigny, 1826

***Cassidulina laevigata* d'Orbigny, 1826 - Est. II, figs. 5a-b**

1826 *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, p. 282

1994 *Cassidulina laevigata* Rhumbler, Jones: est. 51, figs. 7-9

Apresenta uma proporção moderada a abundante.

***Cassidulina obtusa* Williamson, 1858 - Est. II, figs. 6a-b**

1858 *Cassidulina obtusa* Williamson, p. 69, est. 6, figs. 143-144

1971 *Cassidulina obtusa* Williamson, Murray: pp. 188-189, est. 79, figs. 1-6

Apresenta uma proporção moderada em todas as amostras analisadas.

***Cassidulina teretis* Tappan, 1951 - Est. II, figs. 7a-b**

1951 *Cassidulina teretis* Tappan, p. 7, est. 1, fig. 30

1994 *Cassidulina teretis* Tappan, Jones: est. 54, fig. 1

Apresenta uma placa central, em forma de estrela, que a diferencia de *C. laevigata*. A sua proporção é muito reduzida ao longo de todas as amostras analisadas.

Género *Cassidulinoides* Cushman, 1927

***Cassidulinoides bradyi* (Norman, 1881) - Est. II, fig. 8**

1884 *Cassidulina bradyi* Norman, Brady: est. 54, figs. 6-10

1971 *Cassidulinoides bradyi* (Norman), Murray: pp. 112-113, est. 46, figs. 4-7

Apresenta uma proporção muito reduzida em todas as amostras analisadas.

Superfamília Turrilinacea T. R. Cushman, 1927

Família Stainforthiidae Reiss, 1963

Género *Stainforthia* Hofker, 1956

***Stainforthia complanata* (Egger, 1893) - Est. III, figs. 1a-b**

1893 *Virgulina schreibersiana* (Czjzek) var. *complanata* Egger, p. 292, est. 8, figs. 91-92

1976 *Stainforthia complanata* (Egger), Pujos: est. VIII, fig. 14

Apresenta uma proporção reduzida, diminuindo ligeiramente entre -181 cm e -222 cm.

***Stainforthia feylingi* Knudsen e Seidenkrantz, 1994 - Est. III, figs. 2a-b**

1994 *Stainforthia feylingi* Knudsen e Seidenkrantz, pp. 5-13

2011 *Stainforthia feylingi* Knudsen e Seidenkrantz, Luz: est. 1, fig. 19

Apresenta uma proporção reduzida, diminuindo acentuadamente abaixo de -98 cm.

Superfamília Buliminacea Jones, 1875

Família Siphogenerinoididae Saidova, 1981

Subfamília Tubulogenerininae Saidova, 1981

Gênero *Rectuvigerina* Mathews, 1945

***Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez, 1959 - Est. III, fig. 3**

1959 *Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez, p. 363, est. 1, fig. 11

1976 *Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez, Pujos: est. VIII, fig. 9

1995 *Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez, Levy *et al.*: est. 7, fig. 8

Apresenta uma proporção muito reduzida, aumentando ligeiramente entre -100 cm e -222 cm.

Família Buliminidae Jones, 1875

Gênero *Bulimina* d'Orbigny, 1826

***Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826 - Est. III, fig. 4**

1826 *Bulimina aculeata* d'Orbigny, *in* Parker *et al.*, 1871: est. 11, fig. 128

1994 *Bulimina aculeata* d'Orbigny, Jones: est. 51, figs. 7-9

Distingue-se de *B. marginata* pela presença de linhas de sutura menos deprimidas nas últimas câmaras que também apresentam a superfície livre de espículas.

Apresenta uma proporção muito reduzida, diminuindo progressivamente em profundidade. Chega a estar ausente em várias amostras, particularmente entre -99 cm e -222 cm.

***Bulimina* cf. *B. alazanensis*** Cushman, 1927 - Est. III, fig. 5

1927 *Bulimina* cf. *B. alazanensis* Cushman, p. 161, est. 25, fig. 4

1971 *Bulimina* cf. *B. alazanensis* Cushman, Murray: pp. 114-115, est. 47, figs. 1-7

Apresenta uma proporção muito reduzida, que aumenta ligeiramente abaixo de -185 cm. Está ausente num grande número de amostras, em particular acima de -101 cm.

***Bulimina elongata*** d'Orbigny, 1826 - Est. III, fig. 6

1846 *Bulimina elongata* d'Orbigny, p. 187, est. 11, figs. 19-20

1994 *Bulimina elongata* d'Orbigny, Jones: est. 51, figs. 1-2

Apresenta uma proporção reduzida em todas as amostras estudadas.

***Bulimina gibba*** Fornasini, 1902 - Est. III, fig. 7

1902 *Bulimina gibba* Fornasini, p. 378, figs. 32-34

1994 *Bulimina gibba* Fornasini, Jones: est. 50, figs. 1-2

Apresenta uma proporção reduzida, que diminui entre -38 cm e -98 cm e aumenta ligeiramente a partir desta profundidade.

***Bulimina marginata*** d'Orbigny, 1826 - Est. III, figs. 8a-b

1826 *Bulimina marginata* d'Orbigny, p. 269, est. XII, figs. 10-12

1971 *Bulimina marginata* d'Orbigny, Murray: pp. 118-119, est. 49, figs. 1-7

Apresenta uma proporção moderada acima de -181 cm, mas passa a reduzida a partir deste nível.

Família Uvigerinidae Haeckel, 1894

Subfamília Angulogerininae Galloway, 1933

Género *Trifarina* Cushman, 1923

***Trifarina angulosa* (Williamson, 1858) - Est. III, fig. 9**

1858 *Uvigerina angulosa* Williamson, p. 67, est. 5, fig. 140

1971 *Trifarina angulosa* (Williamson), Murray: pp. 122-123, est. 51, figs. 1-6

2012 *Trifarina angulosa* (Williamson), Debenay: p. 182

Apresenta uma proporção muito reduzida em todas as amostras, excepto a -194 cm em que atinge cerca de 2% da associação.

Ordem **ROTALIIDA** Lankester, 1885

Superfamília Discorbacea Ehrenberg, 1838

Família Bagginidae Cushman, 1927

Género *Valvulineria* Cushman, 1926

***Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900) - Est. IV, figs. 1a-c**

1900 *Discorbina bradyana* Fornasini, p. 393, fig. 43

1976 *Valvulineria bradyana* (Fornasini), Pujos: est. IX, fig. 6

Apresenta uma proporção muito reduzida, diminuindo ligeiramente abaixo de -181 cm.

***Valvulineria cf. minuta* (Schubert, 1904) - Est. IV, figs. 2a-b**

1904 *Discorbina rugosa* (d'Orbigny) var. *minuta* Schubert, p. 420

1994 *Valvulineria minuta* (Schubert), Jones: est. 91, fig. 4

2012 *Valvulineria minuta* (Schubert), Debenay: p. 215

Apresenta uma proporção reduzida acima de -49 cm, nível a partir do qual passa a moderada. Aos -98 cm a proporção é reduzida, e volta a aumentar ligeiramente entre -217 cm e -222 cm.

Família Rosalinidae Reiss, 1963

Género *Neoconorbina* Hofker, 1951

***Neoconorbina nitida*** (Williamson, 1858) - Est. IV, figs. 3a-b

1858 *Rotalina nitida* Williamson, p. 54, figs. 106-108

2001 *Neoconorbina nitida* (Williamson), Debenay *et al.*: p. 94, est. 5 figs. 9 e 12

Apresenta uma proporção reduzida ao longo de todas as amostras. Encontra-se ausente em quatro amostras nos primeiros 81 cm da sondagem.

Superfamília Discorbinellacea Sigal, 1952

Família Pseudoparrellidae Voloshinova, 1952

Subfamília Pseudoparrellinae Voloshinova, 1952

Género *Epistominella* Husezima e Maruhasi, 1944

***Epistominella vitrea*** Parker, 1953 - Est. IV, figs. 4a-b

1953 *Epistominella vitrea* Parker, in Parker *et al.*: p. 9, est. 4, figs. 34-36 e 40-41

1971 *Epistominella vitrea* Parker, Murray: pp. 130-131, est. 54, figs. 1-6

Muito abundante em todas as amostras, mas diminui ligeiramente abaixo dos 181 cm de profundidade.

Família Discorbinellidae Sigal, 1952

Subfamília Discorbinellinae Sigal, 1952

Género *Discorbinella* Cushman e Martin, 1935

***Discorbinella bertheloti*** (d'Orbigny, 1839) - Est. IV, figs. 5a-c

1839 *Rosalina bertheloti* d'Orbigny, p. 135, est. 1, figs. 28-30

1884 *Discorbina bertheloti* (d'Orbigny), Brady, p. 650, est. 89, figs. 10-12

1994 *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny), Jones: p. 194

Apresenta uma proporção muito reduzida acima de -81 cm. Melhora a sua representação abaixo deste nível, mas mantém uma proporção reduzida.

Superfamília Planorbulinacea Schwager, 1877

Família Planulinidae Bermúdez, 1952

Género *Hyalinea* Hofker, 1951

***Hyalinea balthica* (Schröter, 1783) - Est. V, figs. 1a-b**

1783 *Nautilus balthicus* Schröter, p. 20, est. 1, fig. 2

1971 *Hyalinea balthica* (Schröter), Murray: pp. 172-173, est. 72, figs. 5-8

2009 *Hyalinea balthica* (Schröter), Milker *et al.*: p. 221, est. 4, fig. 5

Apresenta uma proporção muito reduzida em todas as amostras estudadas.

Superfamília Asterigerinacea d'Orbigny, 1839

Família Asterigerinatidae Reiss, 1963

Género *Eoeponidella* Wickenden, 1949

***Eoeponidella pulchella* (Parker, 1952) - Est. V, figs. 2a-b**

1952 *Prineaella? pulchella* Parker, p. 420, est. 6, figs. 18-20

1981 *Eoeponidella pulchella* (Parker), Poag e Tresslar: pp. 49, est. 5, figs. 3-5

2012 *Eoeponidella pulchella* (Parker), Debenay: p. 195

Os indivíduos identificados são de reduzidas dimensões sendo difícil a sua distinção de *Asterigerinata mamilla* (Williamson, 1858). Para tal recorreu-se aos critérios da forma da margem e da porosidade. *Asterigerinata mamilla* apresenta uma margem aguda, bem como uma fiada de porosidade grosseira, alinhada paralelamente e junto à margem. Como estes critérios não se verificam nos espécimens identificados, que exibem uma margem mais arredondada e porosidade fina dispersa pela câmara, optou-se pela classificação *E. pulchella*. Apresenta uma abundância moderada, aumentando ligeiramente abaixo de 181 cm de profundidade.



Superfamília Nonionacea Schultze, 1854

Família Nonionidae Schultze, 1854

Subfamília Nonioninae Schultze, 1854

Género *Nonion* Montfort, 1808

***Nonion fabum* (Fichtel e Moll, 1798) - Est. V, figs. 3a-b**

1798 *Nautilus faba* Fichtel e Moll, p. 103, est. 19

1994 *Nonion fabum* (Fichtel e Moll), Jones: est. 109, figs. 12-13

2004 *Nonion fabum* (Fichtel e Moll), Mendes *et al.*: p. 179, est. 1, fig. 10

Apresenta uma proporção muito reduzida, em todas as amostras, diminuindo ligeiramente entre -181 cm e -196 cm.

Género *Nonionella* Cushman, 1926

***Nonionella bradyi* (Chapman, 1917) - Est. V, figs. 4a-b**

1917 *Nonion scapha* (Fichtel e Moll) *bradyi* Chapman, p. 71, est. 5, fig. 42

1994 *Nonionella bradyi* (Chapman), Jones: est. 109, fig. 16

Apresenta uma proporção reduzida em todas as amostras analisadas.

Género *Nonionoides* Saidova, 1975

***Nonionoides turgidum* (Williamson, 1858) - Est. V, figs. 5a-b**

1858 *Rotalina turgida* Williamson, p. 50, est. 4, figs. 95-97

1971 *Nonionella turgida* (Williamson), Murray: pp. 192-193, est. 81, figs. 1-5

1999 *Nonionoides turgida* (Williamson) - Hayward *et al.*: p. 159; est. 15, figs. 16 e 17

2012 *Nonionoides turgidum* (Williamson), Debenay: p. 228

Apresenta uma proporção muito reduzida entre -38 cm e -181 cm, e aumenta ligeiramente a partir deste nível passando a reduzida até -222 cm.

Superfamília Chilostomellacea Brady, 1881

Família Gavelinellidae Hofker, 1951

Subfamília Gavelinellinae Hofker, 1956

Género *Gyroidina* d'Orbigny, 1826

***Gyroidina umbonata*** (Silvestri, 1898) - Est. V, figs. 6a-b

1898 *Rotalia soldanii* (d'Orbigny) var. *umbonata* Silvestri, p. 329, est. 6, figs. 14a-c

1995 *Gyroidina umbonata* (Silvestri), Levy *et al.*, est. XI, fig. 10

Apresenta uma proporção reduzida; diminui ligeiramente abaixo de -98 cm, onde a sua proporção passa a muito reduzida.

Superfamília Rotaliacea Ehrenberg, 1839

Família Elphidiidae Galloway, 1933

Subfamília Elphidiinae Galloway, 1933

Género *Elphidium* Montfort, 1808

***Elphidium gerthi*** Van Voorthuysen, 1957 - Est. V, figs. 7a-b

1957 *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, p. 32, est. 23, figs. 12a-b

1971 *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, Murray: pp. 160-161, est. 67, figs. 1-7

Apresenta uma proporção muito reduzida entre -38 cm e -60 cm, nível a partir do qual se regista um aumento, passando a sua proporção a reduzida até -222 cm.

## OUTRAS ESPÉCIES IDENTIFICADAS

A seguinte lista inclui todas as espécies que representam menos de 1% das associações estudadas.

<i>Ammonia beccarii</i> (Linné, 1758)	<i>Elphidium fichtellianum</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Amphicoryna catesbyi</i> (d'Orbigny, 1839)	<i>Elphidium</i> sp.
<i>Amphicoryna scalaris</i> (Batsch, 1791)	<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i> Reuss, 1850
<i>Bolivina variabilis</i> (Williamson, 1858)	<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i> (Montagu, 1803)
<i>Bolivina</i> spp.	<i>Fissurina orbignyana</i> Seguenza 1862
<i>Brizalina alata</i> (Seguenza, 1862)	<i>Fissurina</i> sp. 1
<i>Brizalina difformis</i> (Williamson, 1858)	<i>Fissurina</i> sp. 2
<i>Buchnerina walleriana</i> (Wright, 1886)	<i>Fissurina</i> sp. 3
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)	<i>Fissurina</i> sp. 4
? <i>Cassidelina</i> sp.	<i>Fissurina</i> sp. 5
<i>Cassidulina crassa</i> d'Orbigny, 1839	<i>Fissurina</i> sp. 6
<i>Chilostomella oolina</i> Schwager, 1878	<i>Fissurina</i> sp. 7
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.) (Rzehak, 1886)	<i>Fissurina</i> sp. 8
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.) (Cushman, 1922)	<i>Fissurina staphyllearia</i> Schwager, 1866
<i>Cibicides</i> spp. (juv.) – Est. IV, fig. 6a-b	<i>Fursenkoina</i> sp. 1 – Est. III, fig. 10
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i> (Brady, 1884)	<i>Fursenkoina</i> sp. 2
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ? (Parker e Jones, 1865)	<i>Globobulimina ovata</i> (d'Orbigny, 1846)
<i>Dentalina</i> sp.	<i>Globobulimina turgida</i> (Bailey, 1851)
<i>Eggerelloides scaber</i> (Williamson, 1858)	<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady, 1881)
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i> (d'Orbigny, 1839)	<i>Grigelis</i> sp.
<i>Elphidium earlandi</i> Cushman, 1936	<i>Hanzawaia nitidula</i> (Bandy, 1953)
<i>Elphidium williamsoni</i> (Haynes, 1973)	<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i> (Walker e Jacob, 1798)

<i>Hyalinonetrion gracillima</i> (Seguenza, 1862)	<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i> (Cushman e Moyer, 1930)
<i>Jadammina macrescens</i> (Brady, 1870) – Est. I, fig. 1	<i>Oolina hexagona</i> (Williamson, 1848)
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i> Millett, 1901	<i>Quinqueloculina auberiana</i> d'Orbigny, 1839
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i> (Walker & Jacob, 1798)	<i>Quinqueloculina lata</i> Terquem, 1876
<i>Lagena hispidula</i> Cushman, 1913	<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)
<i>Lagena laevis</i> (Montagu, 1803)	<i>Quinqueloculina stalker</i> Loeblich e Tappan, 1953
<i>Lagena semistriata</i> Williamson, 1848	<i>Rosalina</i> spp. (juv.)
<i>Lagena</i> sp.	<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i> (Parr, 1950)
<i>Lagena strumosa</i> Reuss, 1858	<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)
<i>Lagena substriata</i> Williamson, 1848	<i>Sigmoilopsis elliptica</i> (Galloway e Wissler, 1927)
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i> (Brady, 1884)	<i>Textularia gramen</i> d'Orbigny, 1846
<i>Lagenosolenia</i> sp.	<i>Textularia</i> sp. (juv.)
<i>Lenticulina gibba</i> (d'Orbigny, 1826)	? <i>Trochammina globigeriniformis</i> var. <i>pygmaea</i> (Parker e Jones, 1865)
<i>Lenticulina</i> sp. 1	<i>Uvigerina mediterranea</i> Hofker, 1932
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)	<i>Uvigerina peregrina</i> Cushman, 1923
<i>Neolenticulina peregrina</i> (Schwager, 1866)	<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)	<i>Valvulineria candeiana</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Nodosaria nebulosa</i> (Ishizaki, 1943)	<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i> (Walker e Jacob, 1798)	<i>Valvulineria rugosa</i> (d'Orbigny, 1839)
<i>Nonion</i> sp. (juv.)	

## 5.1. ESTAMPAS

Legenda:

VL – Vista lateral;

LD – Lado dorsal;

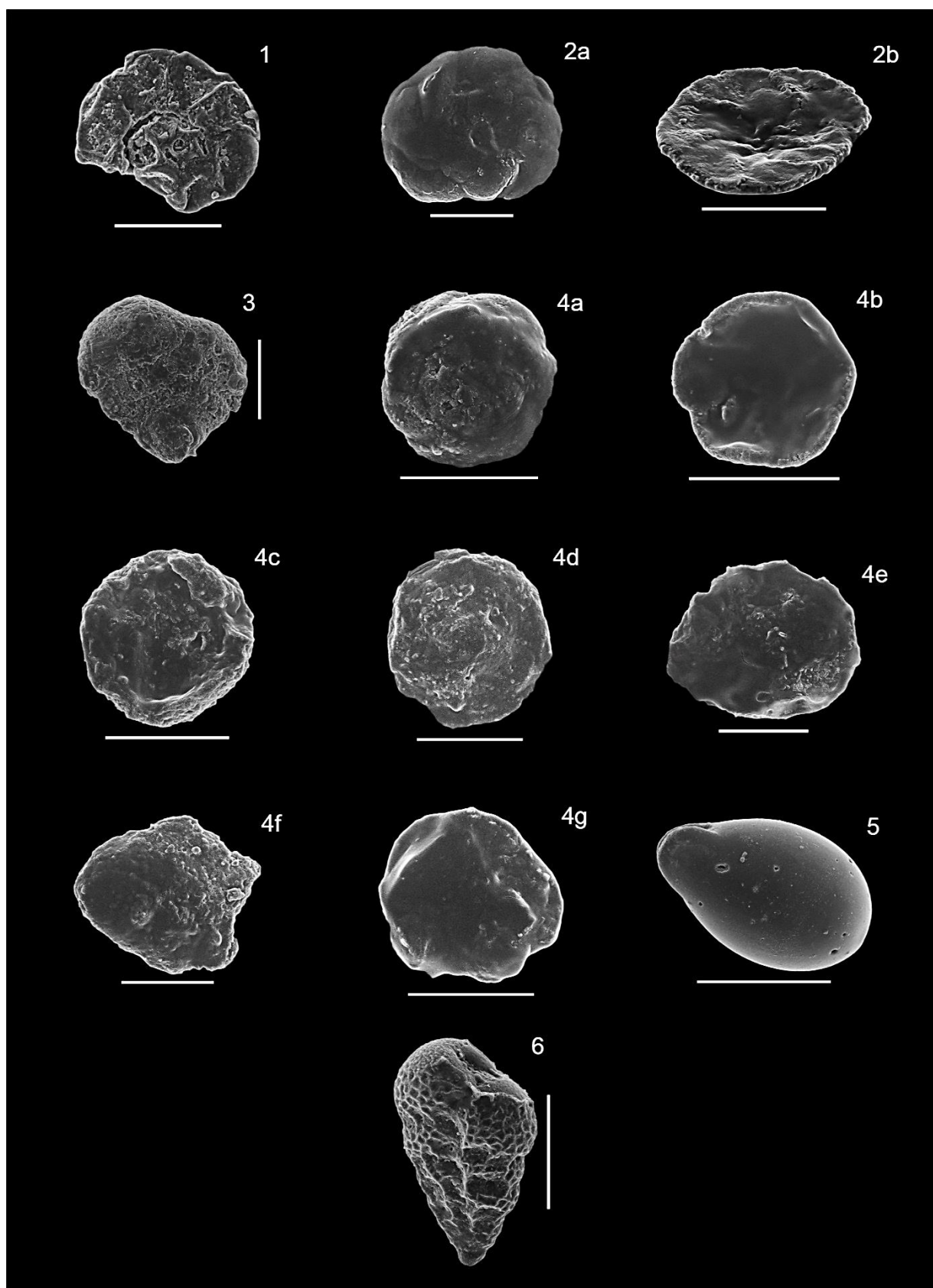
LV – Lado ventral;

FO – Face oral.

Escala gráfica: 100  $\mu$ m.

## Estampa I

- 1 – *Jadammina macrescens* (Brady, 1870); LD; VC2B: 48-49 cm.
- 2a – *Lepidodeuterammina ochracea* (Williamson, 1858); LD; VC2B: 43-44 cm.
- 2b – *Lepidodeuterammina ochracea* (Williamson, 1858); LV; VC2B: 49-50 cm.
- 3 – *Textularia conica* d'Orbigny, 1839; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 4a – Foraminífero aglutinado costeiro; LD; VC2B: 39-40 cm.
- 4b – Foraminífero aglutinado costeiro; LV; VC2B: 50-51 cm.
- 4c – Foraminífero aglutinado costeiro; VL; VC2B: 42-43 cm.
- 4d – Foraminífero aglutinado costeiro; VL; VC2B: 42-43 cm.
- 4e – Foraminífero aglutinado costeiro; VL; VC2B: 51-52 cm.
- 4f – Foraminífero aglutinado costeiro; VL; VC2B: 71-72 cm.
- 4g – Foraminífero aglutinado costeiro; VL; VC2B: 77-78 cm.
- 5 – *Fissurina* cf. *lucida* (Williamson, 1848); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 6 – *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen e Earland, 1930; VL; VC2B: 41-42 cm.

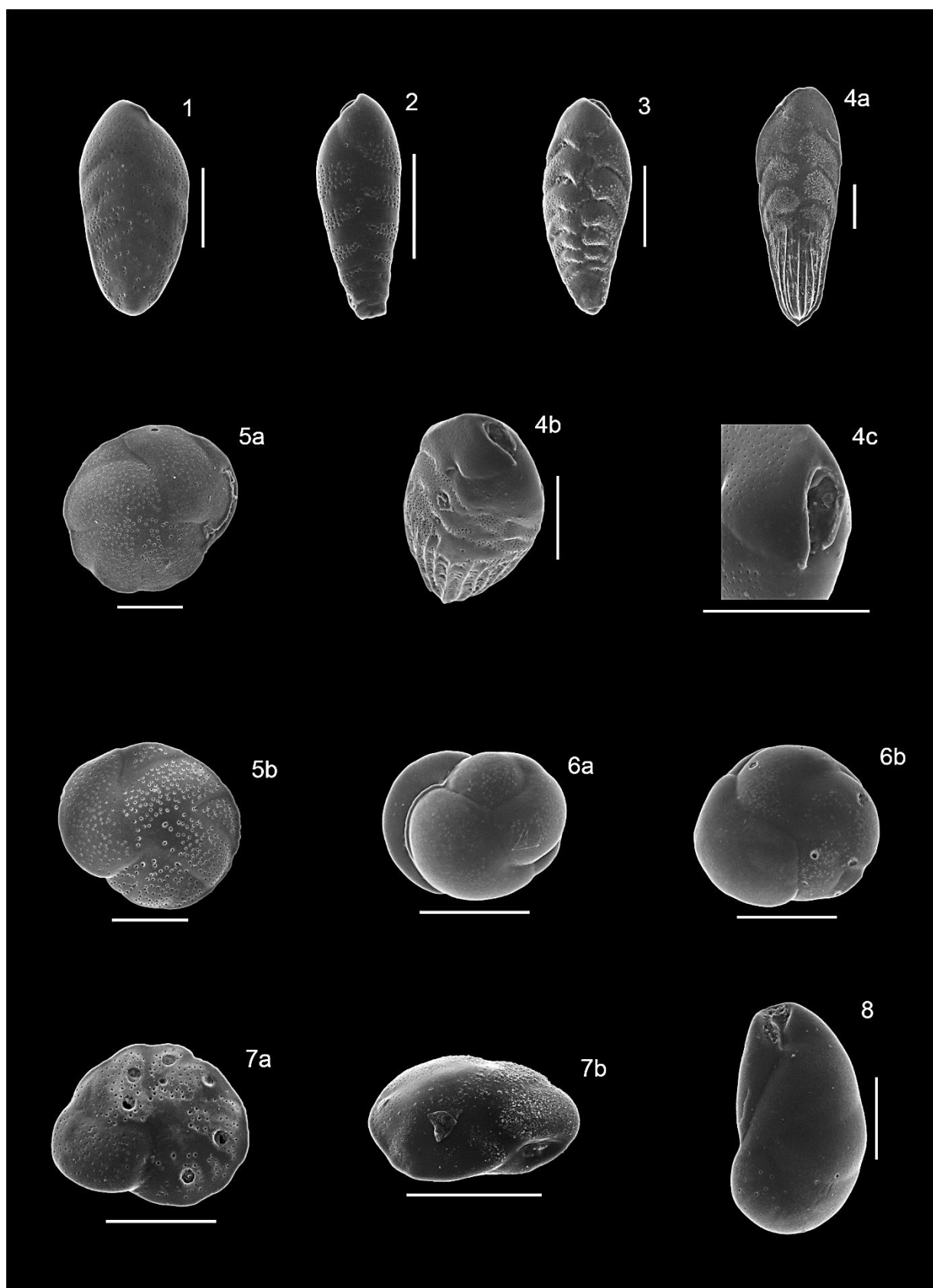


Estampa I

## Estampa II

- 1 – *Bolivina spathulata* (Williamson, 1858); VL; VC2B: 76-77 cm.
- 2 – *Bolivinellina translucens* (Phleger e Parker, 1951); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 3 – *Brizalina pseudopunctata* (Höglund, 1947); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 4a – *Brizalina subaenariensis* (Cushman, 1922); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 4b – *Brizalina subaenariensis* (Cushman, 1922); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 4c – *Brizalina subaenariensis* (Cushman, 1922); FO; VC2B: 41-42 cm.
- 5a – *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, 1826; LV; VC2B: 41-42 cm.
- 5b – *Cassidulina laevigata* d'Orbigny, 1826; LD; VC2B: 41-42 cm.
- 6a – *Cassidulina obtusa* Williamson, 1858; LV; VC2B: 41-42 cm.
- 6b – *Cassidulina obtusa* Williamson, 1858; LD; VC2B: 41-42 cm.
- 7a – *Cassidulina teretis* Tappan, 1951; LD; VC2B: 49-50 cm.
- 7b – *Cassidulina teretis* Tappan, 1951; LD; VC2B: 76-77 cm.
- 8 – *Cassidulinoides bradyi* (Norman, 1881), LV; VC2B: 41-42 cm.

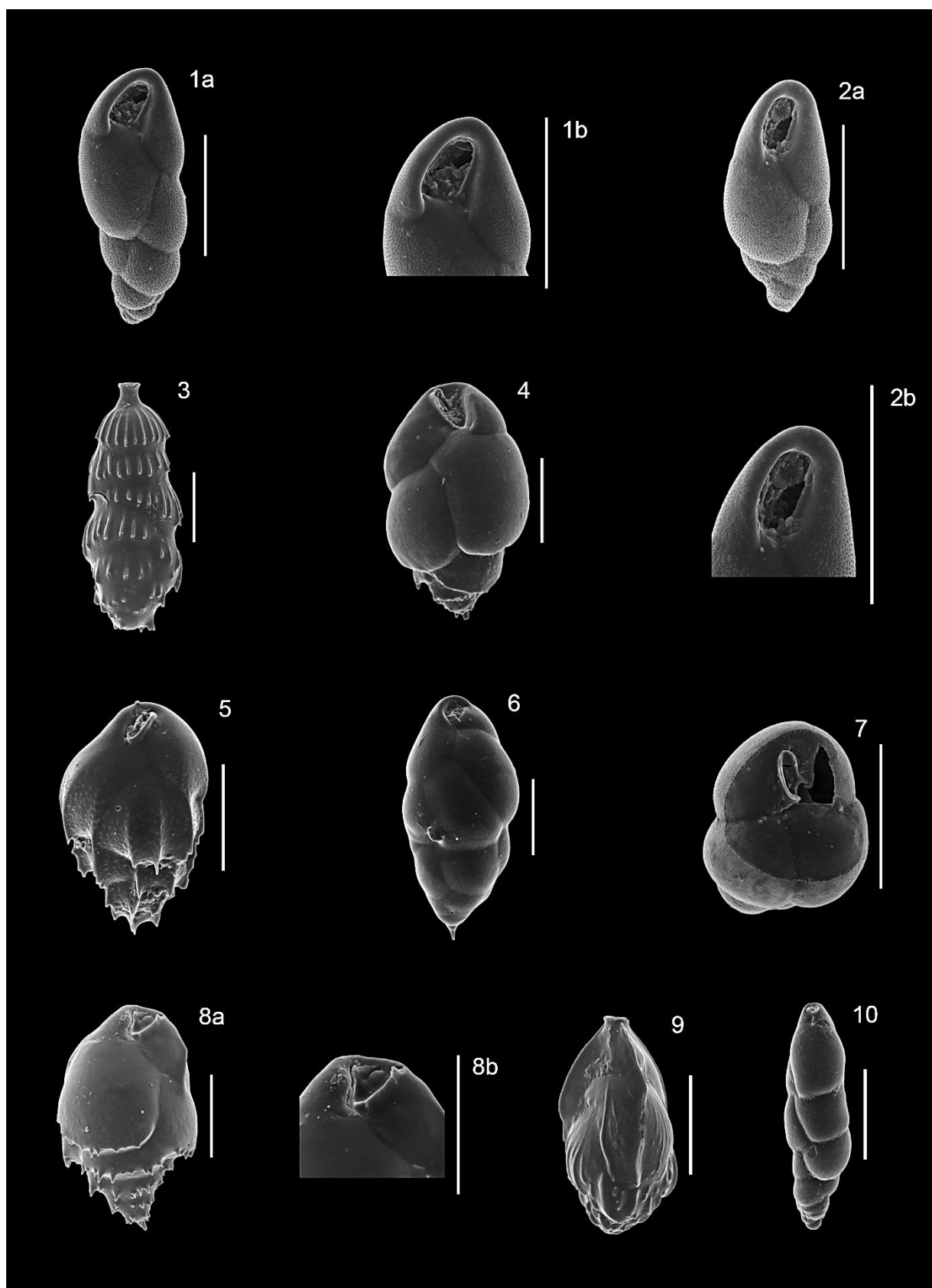




Estampa II

### Estampa III

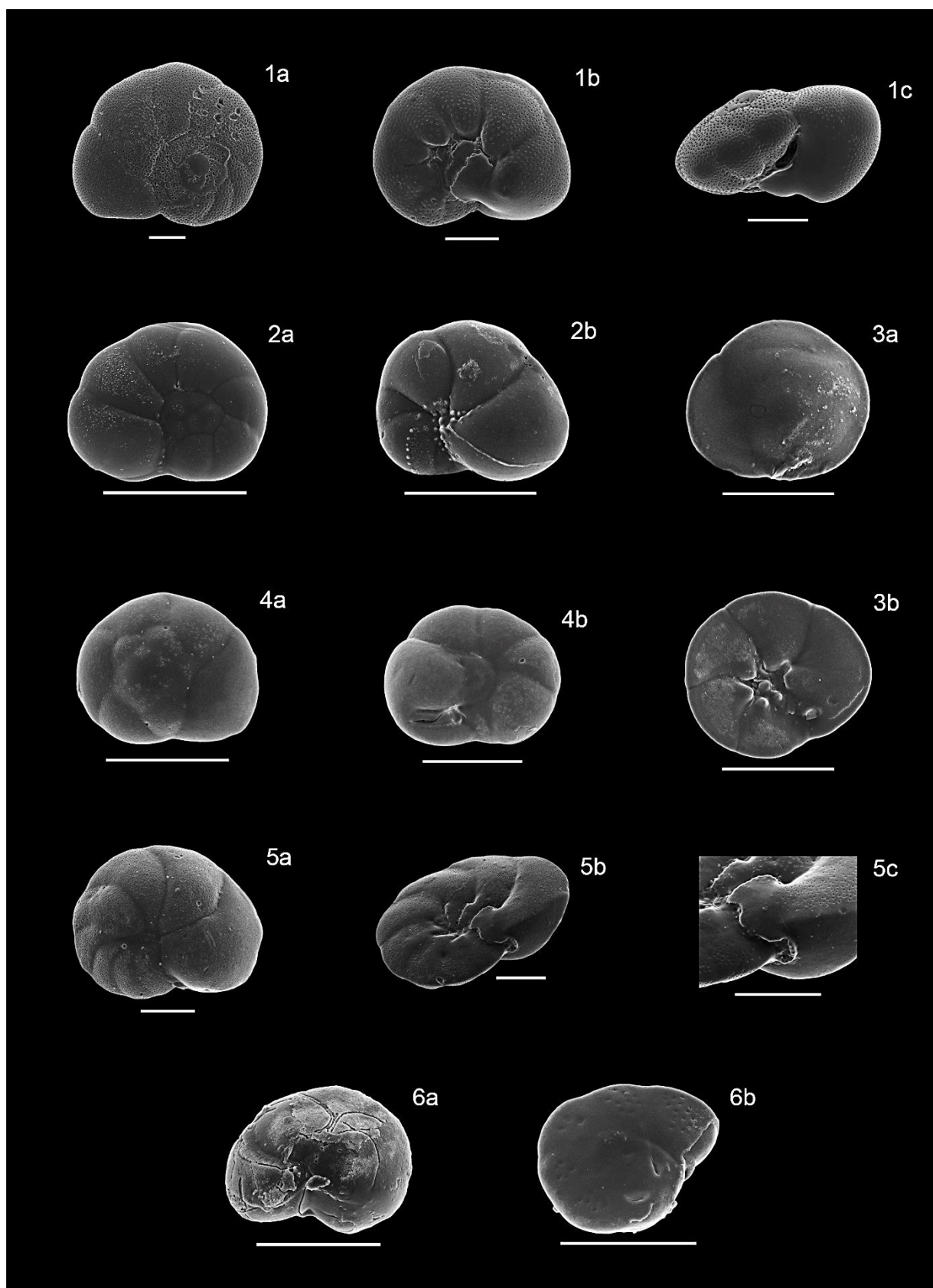
- 1a – *Stainforthia complanata* (Egger, 1893); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 1b – *Stainforthia complanata* (Egger, 1893); FO; VC2B: 41-42 cm.
- 2a – *Stainforthia feylingi* Knudsen e Seidenkrantz, 1994; VL; VC2B: 63-64 cm.
- 2b – *Stainforthia feylingi* Knudsen e Seidenkrantz, 1994; FO; VC2B: 63-64 cm.
- 3 – *Rectuvigerina phlegeri* Le Calvez, 1959; VL; VC2B: 61-62 cm.
- 4 – *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 5 – *Bulimina* cf. *B. alazanensis* Cushman, 1927; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 6 – *Bulimina elongata* d'Orbigny, 1826; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 7 – *Bulimina gibba* Fornasini, 1902; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 8a - *Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826; VL; VC2B: 40-41 cm.
- 8b - *Bulimina marginata* d'Orbigny, 1826; FO; VC2B: 40-41 cm.
- 9 – *Trifarina angulosa* (Williamson, 1858); VL; VC2B: 45-46 cm.
- 10 – *Fursenkoina* sp. 1; VL; VC2B: 41-42 cm.



Estampa III

## Estampa IV

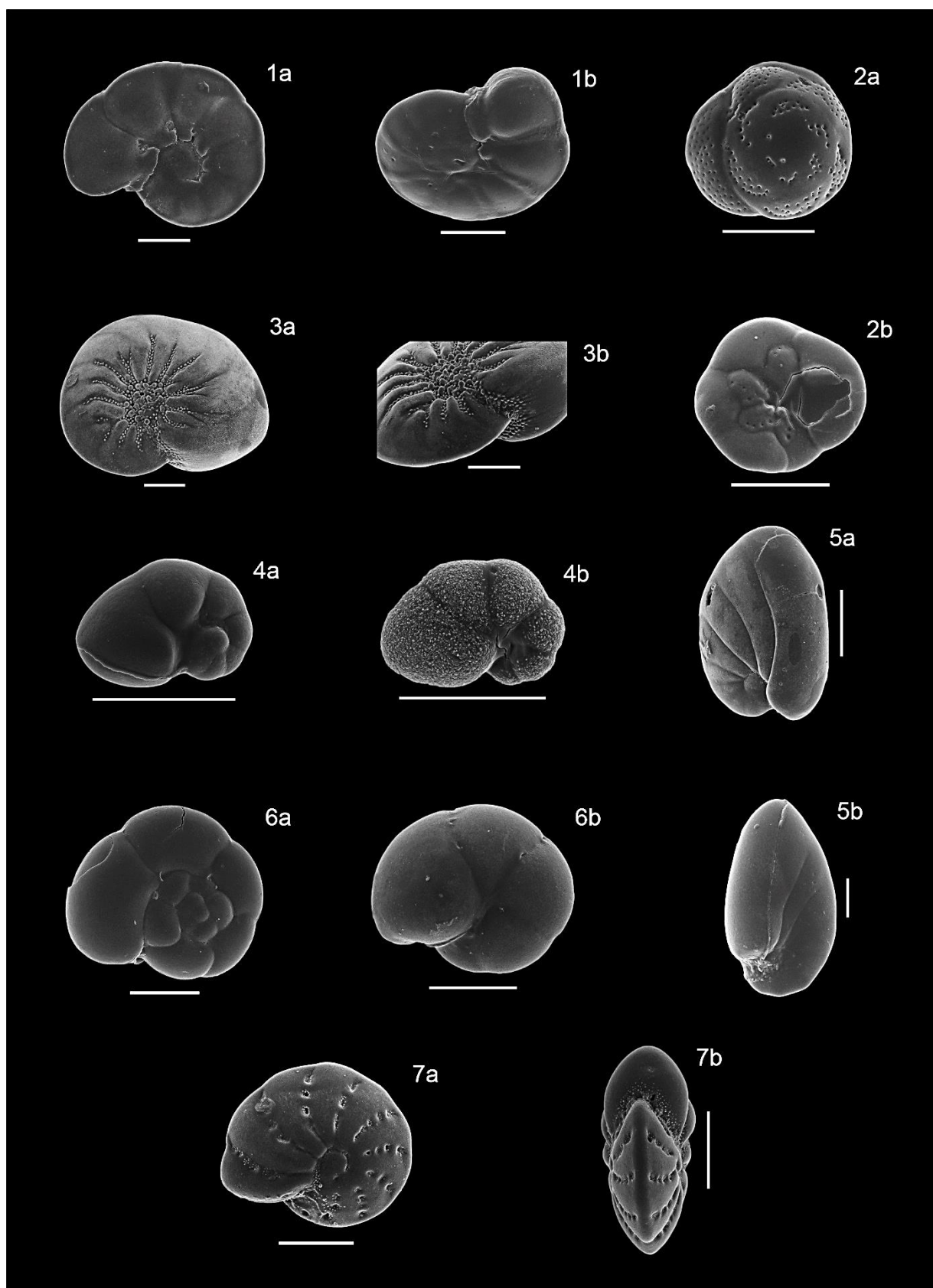
- 1a – *Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900), LD; VC2B: 41-42 cm.
- 1b – *Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900), LV; VC2B: 43-44 cm.
- 1c – *Valvulineria bradyana* (Fornasini, 1900), FO; VC2B: 52-53 cm.
- 2a – *Valvulineria* cf. *minuta* (Schubert, 1904), LD; VC2B: 73-74 cm.
- 2b – *Valvulineria* cf. *minuta* (Schubert, 1904), LV; VC2B: 217-218 cm.
- 3a – *Neoconorbina nitida* (Williamson, 1858), LD; VC2B: 44-45 cm.
- 3b – *Neoconorbina nitida* (Williamson, 1858), LV; VC2B: 44-45 cm.
- 4a – *Epistominella vitrea* Parker, 1953; LD; VC2B: 41-42 cm.
- 4b – *Epistominella vitrea* Parker, 1953; LV; VC2B: 41-42 cm.
- 5a – *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny, 1839), LD; VC2B: 76-77 cm.
- 5b – *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny, 1839), LV; VC2B: 47-78 cm.
- 5c – *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny, 1839), FO; VC2B: 47-78 cm.
- 6a – *Cibicides* sp. (juv.); LD; VC2B: 63-64 cm.
- 6b – *Cibicides* sp. (juv.); LV; VC2B: 183-184 cm.



Estampa IV

**Estampa V**

- 1a – *Hyalinea balthica* (Schröter, 1783); VL; VC2B: 41-42 cm.
- 1b – *Hyalinea balthica* (Schröter, 1783); VL; VC2B: 76-77 cm.
- 2a – *Eoeponidella pulchella* (Parker, 1952); LD; VC2B: 53-54 cm.
- 2b – *Eoeponidella pulchella* (Parker, 1952); LV; VC2B: 62-63 cm.
- 3a – *Nonion fabum* (Fichtel e Moll, 1798); VL; VC2B: 44-45 cm.
- 3b – *Nonion fabum* (Fichtel e Moll, 1798); FO; VC2B: 44-45 cm.
- 4a – *Nonionella bradyi* (Chapman, 1917); LD; VC2B: 219-220 cm.
- 4b – *Nonionella bradyi* (Chapman, 1917); LV; VC2B: 191-192 cm.
- 5a – *Nonionoides turgidum* (Williamson, 1858); LD; VC2B: 101-102 cm.
- 5b – *Nonionoides turgidum* (Williamson, 1858); LV; VC2B: 100-101 cm.
- 6a – *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898); LD; VC2B: 100-101 cm.
- 6b – *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898); LV; VC2B: 80-81 cm.
- 7a – *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, 1957; VL; VC2B: 41-42 cm.
- 7b – *Elphidium gerthi* Van Voorthuysen, 1957; perfil e FO; VC2B: 41-42 cm.



Estampa V

## 5.2. DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DAS ESPÉCIES

Neste capítulo é feita uma breve síntese da ecologia das espécies que representam mais de 5% da população das amostras estudadas e do grupo de espécies de foraminíferos característicos de profundidades que não ultrapassam os 40 m, *i.e.* que se distribuem entre a zona costeira e a plataforma interna.

### 5.2.1. ESPÉCIES COM ABUNDÂNCIA SUPERIOR A 5%

#### ***Bolivina spathulata***

Está presente a sul da foz do Rio Guadiana, abaixo dos 95 m de profundidade, na transição entre a plataforma média e externa. Surge associada a sedimentos dominados por vasa arenosa com bioclastos e vasa cascalhenta (Mendes *et al.*, 2004). Contudo, Diz (2004) e Mendes *et al.* (2012) verificaram que a sua distribuição era independente do tipo de sedimento.

Apresenta uma elevada capacidade de adaptação e tolerância a diversos factores, ou combinações de factores ambientais, demonstrando um comportamento moderadamente oportunista em ambientes com elevado teor de oxigénio e abundância de alimento (Fontanier *et al.*, 2003; Diz e Francés, 2008). Encontra-se também associada a fenómenos de *upwelling* (*e.g.* Levy *et al.*, 1995; Diz *et al.*, 2006) e o seu modo de vida é considerado como potencialmente endobentónico (Barmawidjaja *et al.*, 1992).

No norte do Mar Adriático a densidade desta espécie aumenta em profundidade no sedimento enquanto que a densidade total de foraminíferos diminui. Tal sugere que *B. spathulata* é mais resistente a baixas concentrações de oxigénio do que as restantes encontradas no mesmo estudo, nomeadamente, *B. marginata* e *E. vitrea* (Barmawidjaja *et al.*, 1992). É ainda capaz de explorar de forma eficiente os recursos alimentares subsuperficiais (de Stigter *et al.*, 1998).



***Brizalina pseudopunctata***

Espécie dominante em areias lodosas na plataforma interna do Canal da Mancha (Lyme Bay, a uma profundidade máxima de 50 m), juntamente com *A. beccarii*, *E. excavatum* e *Q. lata* (Sen Gupta, 2002). Segundo Murray (2006) faz parte das associações típicas de substratos lodosos de baixa energia, nos mares de plataforma que se estendem desde Skagerrak a Portugal, juntamente com *B. spathulata*, *B. marginata*, *C. obtusa*, *E. vitrea*, entre outras.

Aparenta estar associada a fenómenos de *upwelling* (Levy *et al.*, 1995) e ser tolerante a condições de baixas concentrações de oxigénio (Gustafsson e Nordberg, 2001).

***Brizalina subaenariensis***

Encontrada a sul da foz do Rio Guadiana, abaixo dos 95 m de profundidade, na transição entre a plataforma média e externa. Surge associada a sedimentos dominados por vasa arenosa com bioclastos e vasa cascalhenta (Mendes *et al.*, 2004) e, de acordo com Levy *et al.* (1995), pode estar associada a fenómenos de *upwelling*.

Descrita como uma espécie oportunista, que demonstra uma forte correlação com aumento de matéria orgânica por Langezaal *et al.* (2006), e com modo de vida epibentónico por Barmawidjaja *et al.* (1992).

***Bulimina marginata***

Encontrada a sul da foz do Rio Guadiana, abaixo dos 95 m de profundidade, na transição entre a plataforma média e externa. Surge associada a sedimentos dominados por vasa arenosa com bioclastos e vasa cascalhenta (Mendes *et al.*, 2004). Identificada também em zonas pouco profundas dos estuários dos rios Tinto-Odiel e Guadalquivir bem como áreas mais profundas na plataforma continental. Nestas regiões não evidencia qualquer relação evidente com o tipo de sedimento, temperatura da água, salinidade, partículas em suspensão ou produtividade (Mendes *et al.*, 2012).

Segundo Murray (2006), faz parte das associações típicas de substratos lodosos de baixa energia, nos mares de plataforma que se estendem desde Skagerrak a Portugal, juntamente com *B. spathulata*, *B. pseudopunctata*, *C. obtusa*, *E. vitrea*, entre outras.

Na plataforma continental a oeste da Escócia apresenta uma forte correlação positiva com TOC (carbono orgânico total) e correlação negativa com a proporção de areia grosseira (Murray, 2003). É ainda característica de ambientes com baixa oxigenação (Barmawidjaja *et al.*, 1992) e, segundo Levy *et al.* (1995), está associada a fenómenos de *upwelling*. Apresenta um modo de vida potencialmente endobentónico (Barmawidjaja *et al.*, 1992).

### ***Cassidulina laevigata***

Encontrada a sul da foz do Rio Guadiana, abaixo dos 95 m de profundidade, na transição entre a plataforma média e externa, associada a sedimentos dominados por vasa arenosa com bioclastos e vasa cascalhenta (Mendes *et al.*, 2004). Outros autores também detectaram uma forte correlação positiva entre *C. laevigata* e sedimentos finos (Rosa *et al.*, 2007; Milker *et al.*, 2009; Mendes *et al.*, 2013), bem como com fenómenos de *upwelling* (Levy *et al.*, 1995; Mendes *et al.*, 2013). Contudo, na plataforma continental a oeste da Escócia, esta apresenta correlação positiva com a proporção de areia grosseira, e negativa com sedimentos finos e TOC (Murray, 2003).

Bem adaptada a microhabitats superficiais, ricos em alimento e oxigénio, e resistente a níveis relativamente elevados de perturbações por actividade detritívora e predatória de macrofauna (de Stigter *et al.*, 1998).

### ***Cassidulina obtusa***

Segundo Murray (2006), faz parte das associações típicas de substratos lodosos de baixa energia, nos mares de plataforma que se estendem desde Skagerrak a Portugal, juntamente com *B. spathulata*, *B. pseudopunctata*, *B. marginata*, *E. vitrea*, entre outras.

É uma espécie comum na plataforma continental da Galícia, transportada para os canais externos da Ría de Vigo por acção de *upwelling* sazonal (Diz *et al.*, 2004).

Hald e Steinsund (1992) consideram que *C. obtusa* exhibe preferência por sedimentos arenosos, ricos em carbonatos e TOC. Afirmam também que dentro da sua área de estudo, a sudoeste do Mar de Barents, está tendencialmente associada às regiões com temperaturas mais elevadas (6 °C), mesmo assim, bastante baixas.

***Eoeponidella pulchella***

Presente na Baía de Prony (Nova Caledónia), entre os 10-30 m (Debenay, 2012). Representa aproximadamente 4% da associação viva de West Flower Garden Bank a 27 m de profundidade (Poag e Tresslar, 1981). Identificada com abundância igualmente reduzida na plataforma interna e média da região norte do Golfo de Cádiz (Mendes, 2010).

*Eoeponidella pulchella* encontra-se presente em algumas associações de sondagens realizadas a sul do Rio Guadiana, aos 40 m, 50 m e 92 m, atingindo uma abundância máxima de, 3%, 0,6%, 1,3%, respectivamente (Rosa, 2014).

Espécie epibentónica, muito abundante em substratos com coralináceas (*maerl*), dos 6 m aos 15 m de profundidade, e em areia vasosa com bioclastos dos 22 m aos 28 m de profundidade, na margem Norte da Ría de Vigo (Diz *et al.*, 2004).

***Epistominella vitrea***

Segundo Murray (2006), faz parte das associações típicas de substratos lodosos de baixa energia, nos mares de plataforma que se estendem desde Skagerrak a Portugal, juntamente com *B. spathulata*, *B. pseudopunctata*, *B. marginata*, *C. obtusa*, entre outras.

Aparenta ser uma espécie extremamente oportunista, capaz de colonizar rapidamente fitodetritos recém-depositados (Langezaal *et al.*, 2006), com modo de vida potencialmente endobentónico (Barmawidjaja *et al.*, 1992) associada a sedimentos finos (Mendes *et al.*, 2004) e característica de ambientes com baixa oxigenação (Barmawidjaja *et al.*, 1992).

Segundo Langezaal *et al.* (2006), *E. exigua* é uma parente próxima de *E. vitrea* e ambas aparentam possuir uma estratégia ecológica semelhante. Jorissen *et al.* (1992) descreve *E. exigua* como uma espécie oportunista, com boa capacidade de resposta a situações de elevada quantidade de alimento.

***Valvulineria cf. minuta***

Não foi possível encontrar informação relevante quando à distribuição ecológica desta espécie, excepto uma referência à sua presença na Northern shelf aos 600 m de profundidade por Debenay (2012).

## 5.2.2. GRUPO DE ESPÉCIES COSTEIRAS

***Jadammina macrescens***

Faz parte da associação viva das zonas de sapal, incluindo sapais hipossalinos (Murray, 1971), nomeadamente do alto sapal (Debenay, 2012). Abundante no alto sapal da Lagoa dos Salgados (Armação de Pêra-Galé), chegando a representar 87% da associação (Costa *et al.*, 2012a).

Ocorre também ao longo de todo o estuário do Rio Guadiana. Domina frequentemente as associações de alto sapal, em especial junto à foz. Nalguns casos é a única espécie desta associação (Camacho, 2012; Camacho *et al.*, 2014).

***Lepidodeuterammina ochracea***

O género *Lepidodeuterammina* é comum em águas pouco profundas do Atlântico Norte (Loeblich e Tappan, 1988).

Dominante no canal Sul da Ría de Vigo (zona externa), entre os 35 m e os 42 m de profundidade, em areia grosseira e cascalho (Diz, 2004). É uma das espécies aglutinadas mais comuns nesta região (Diz *et al.*, 2004). Típica de ambientes de muito alta energia, fixando-se a bioclastos de dimensões entre o cascalho e a areia grosseira, que se encontram na superfície do sedimento, bem como nos níveis superficiais remobilizados pelas correntes. No entanto não adquire um modo de vida exclusivamente epibentónico (Diz, 2004).

Ocorre no interior do estuário do Rio Guadiana, embora em proporção reduzida (Camacho, 2012; Camacho *et al.*, 2014).

Por vezes domina as associações no intervalo 0-1 cm de sondagens realizadas em Wilmington (EUA) entre os 25-30 m de profundidade (Murray, 2006).

Foi ainda analisada uma quantidade significativa de indivíduos de carapaça aglutinada, mal conservados, não identificáveis, mas que em geral apresentam formas semelhantes às espécies de baixas profundidades *L. ochracea* e *J. macrescens*.



## 6. RESULTADOS





## 6. RESULTADOS

Devido à existência de um extenso intervalo sem amostragem, optou-se por colocar uma quebra no eixo vertical (//) entre 105 cm e 175 cm de profundidade.

### 6.1. DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES

No conjunto das 57 amostras foi triado um total de 27 786 foraminíferos, tendo-se identificado 88 espécies e 28 morfotipos apenas até ao género.

As associações de foraminíferos apresentam elevada densidade (média: 14 000 foraminíferos/ g; mínimo: 3 000 foraminíferos/ g- máximo: 34 000 foraminíferos/ g; Figura 11a) e elevada diversidade (45 espécies/ amostra; 37 espécies/ amostra- 71 espécies/ amostra; Anexo B). O índice de Shannon-Wiener é também elevado e relativamente constante (3,0; 2,7- 3,2; Figura 11b; Anexo B).

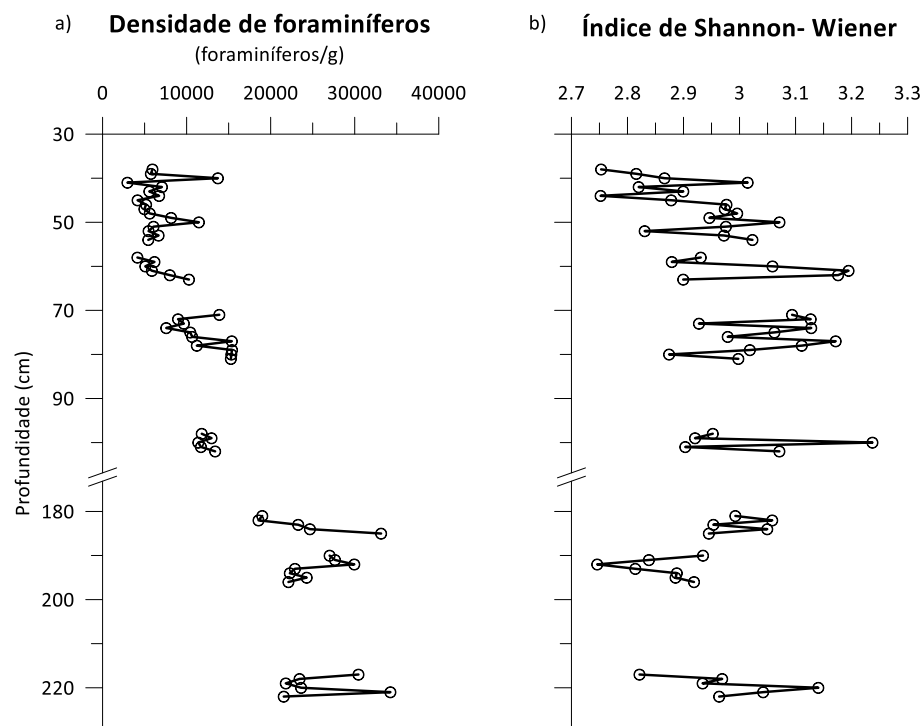


Figura 11 – Variação da densidade de foraminíferos (a) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener (b) em função da profundidade. //- Intervalo sem amostragem.

As associações são compostas essencialmente por espécies típicas do ambiente de plataforma continental, sendo as mais frequentes *B. pseudopunctata* (20%; 12-28%), *E. vitrea* (14%; 8-22%) e *B. spathulata* (12%; 6-16%; Figura 12). A primeira classificada como

espécie dominante e as duas últimas como espécies comuns, segundo o critério de Murray (2007) anteriormente referido.

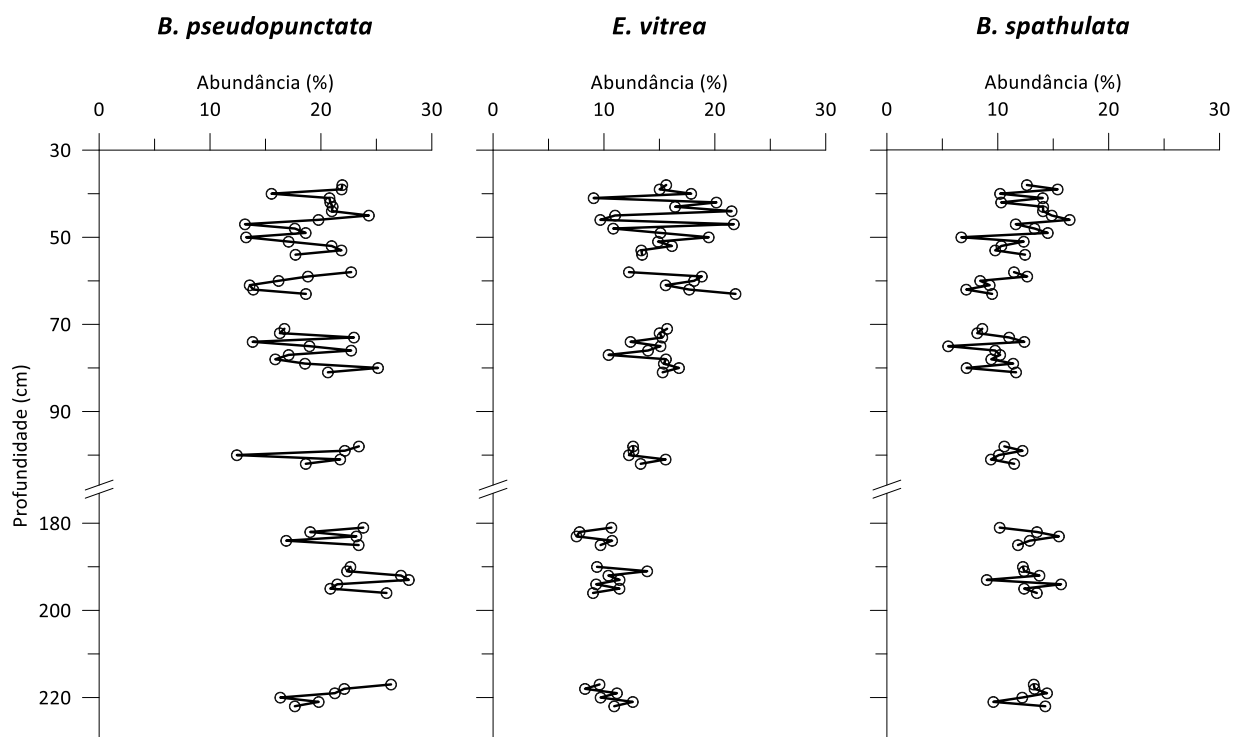


Figura 12 – Abundância relativa (%) das espécies de foraminíferos dominantes e comuns. // - Intervalo sem amostragem.

Embora as associações sejam compostas em média por 45 espécies, as espécies dominantes e comuns representam também em média 45% da associação. Este é um valor bastante elevado tendo em conta a diversidade faunística encontrada nos ambientes de plataforma externa (Figura 13).

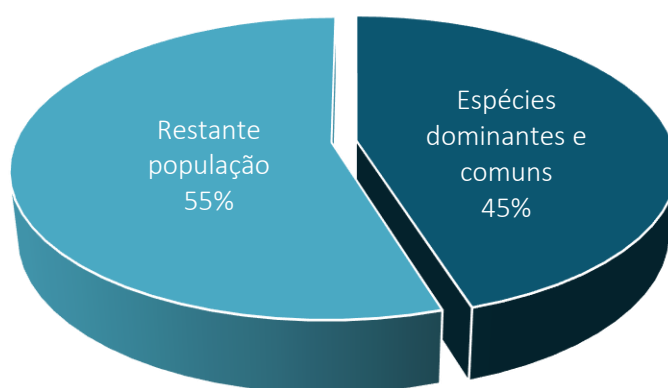


Figura 13 – Abundância relativa (média) das espécies dominantes e comuns na população total.

As espécies anteriores surgem acompanhadas em menor número por *C. laevigata* (6%; 3-9%), *C. obtusa* (4%; 1-7%) e *B. marginata* (2%; 1-5%; Figura 14).

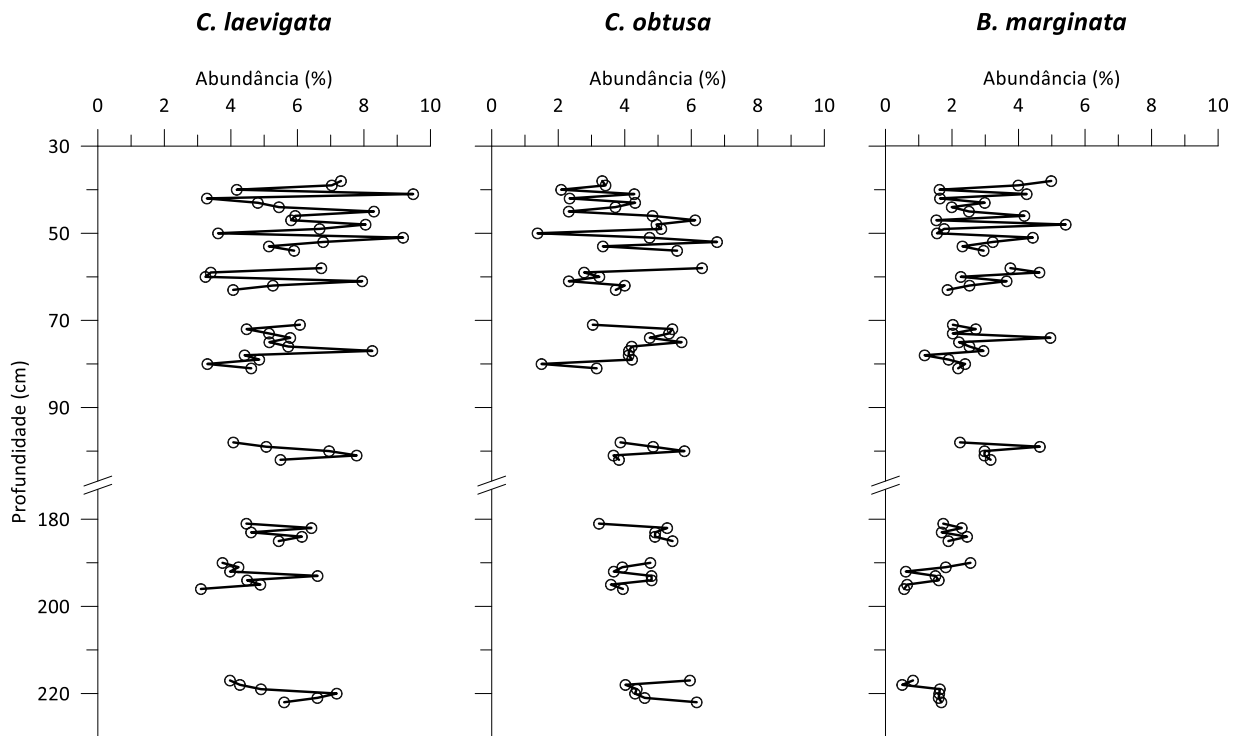


Figura 14 – Abundância relativa (%) das espécies de foraminíferos acessórias mais abundantes. //- Intervalo sem amostragem.

Foi também identificado um grupo de espécies de foraminíferos característicos de profundidades que não ultrapassam os 40 m, com uma distribuição entre a zona costeira, nomeadamente nos ambientes lagunares e estuarinos, e a plataforma interna (5%; 2-9%). Os indivíduos identificados parecem mostrar sinais evidentes de terem sofrido um transporte significativo: estão frequentemente mal conservados; fracturados e com um aspecto baço. Este grupo compreende as espécies *Jadammina macrescens*, *Lepidodeuterammina ochracea* e ainda uma quantidade significativa de indivíduos de carapaça aglutinada, não identificáveis devido ao seu mau estado de conservação, mas que apresentam uma forma geral semelhante às espécies de baixa profundidade *J. macrescens* e *L. ochracea*, entre outras (Figura 15).

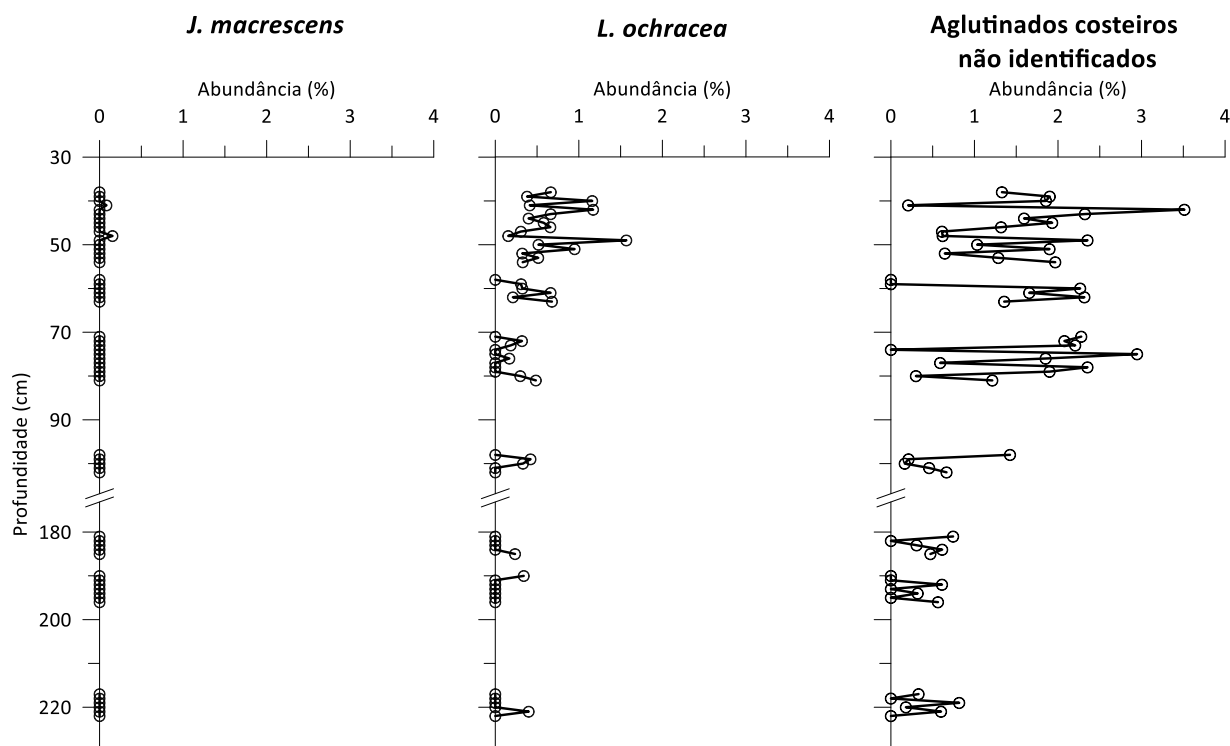


Figura 15 – Abundância relativa (%) de *J. macrescens*, *L. ochracea* e do conjunto de foraminíferos costeiros aglutinados não identificáveis. // - Intervalo sem amostragem.

Estas formas aglutinadas, apesar de as encontrarmos na plataforma externa, a 100 m de profundidade, são espécies típicas de ambiente de sapal (Murray, 1971; Diz, 2004; Camacho *et al.*, 2014).

A proximidade da área de estudo ao Golfo de Cádiz permite a aplicação dos resultados de estudos micropaleontológicos anteriores, sendo possível recolher informação importante sobre a distribuição ecológica da microfauna da região.

As espécies acima mencionadas estão ausentes nas sondagens da plataforma intermédia estudadas ao largo do estuário do Rio Guadiana por Rosa (2014) a 40 m, 80 m e 92 m de profundidade.

No estudo realizado por Mendes (2010) nos sedimentos da plataforma continental entre a foz do Rio Guadiana e do Guadalquivir, *L. ochracea* surge em proporções reduzidas (<2%) e apenas na plataforma interna a sul do Rio Guadiana a 22 m de profundidade. Esta presença poderá resultar da acção das correntes fluviais que transportam esta espécie do interior do estuário para a plataforma interna.

Camacho (2012) regista a presença de espécimens vivos de *L. ochracea* e *J. macrescens*, em diversas amostras superficiais recolhidas no interior do estuário do Rio Guadiana, onde *J. macrescens* é frequentemente a espécie dominante da associação.

Como apresentam uma distribuição ecológica semelhante, *J. macrescens*, *L. ochracea* e os indivíduos aglutinados não identificáveis foram agrupados num conjunto designado de foraminíferos costeiros (Figura 16). As suas abundâncias absolutas foram somadas em cada amostra da sondagem VC2B de modo a representar o sinal costeiro detectável no contexto da plataforma externa.

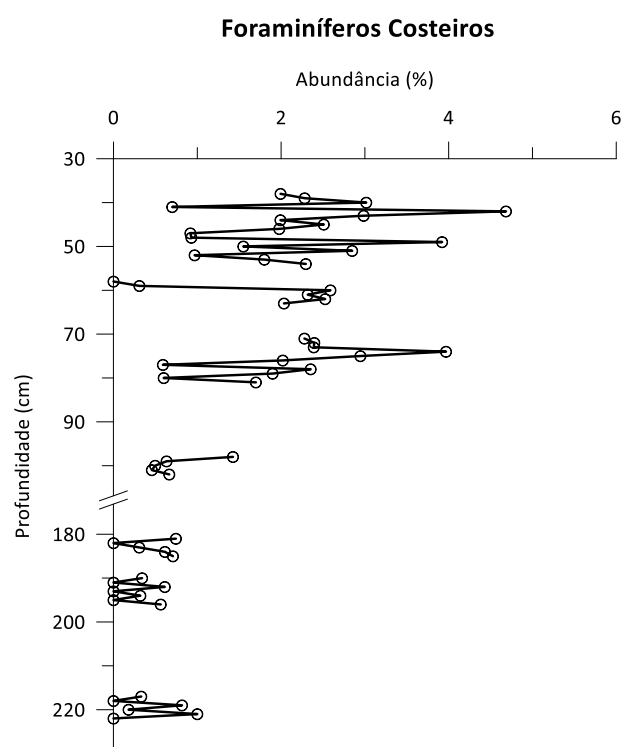


Figura 16 – Abundância relativa (%) do grupo de foraminíferos costeiros. //- Intervalo sem amostragem.

## 6.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Tendo em conta que este registo tem muitas espécies com escassa representação (pouco frequentes e pouco abundantes), na análise dos dados apenas se consideraram as espécies que representam mais de 5% em, pelo menos, uma amostra. Desta forma pretende-se eliminar o ruído causado pelas espécies menos abundantes no resultado final. Optou-se também por eliminar as espécies dominantes e comuns (>10%), da matriz de dados utilizada, por estas apresentarem uma expressão muito forte em todas as amostras ocultando assim o sinal costeiro que se pretende estudar.

A Análise de Clusters efectuada em modo-R apresenta um coeficiente de correlação cofenética de 0,90. Este consiste numa medida de quão fielmente o dendrograma representa as diferenças entre observações, sendo que valores próximos à unidade indicam uma melhor representação.

O dendrograma produzido apresenta um *cluster* principal e um ramo claramente separado, que representa o grupo de espécies costeiras (Figura 17).

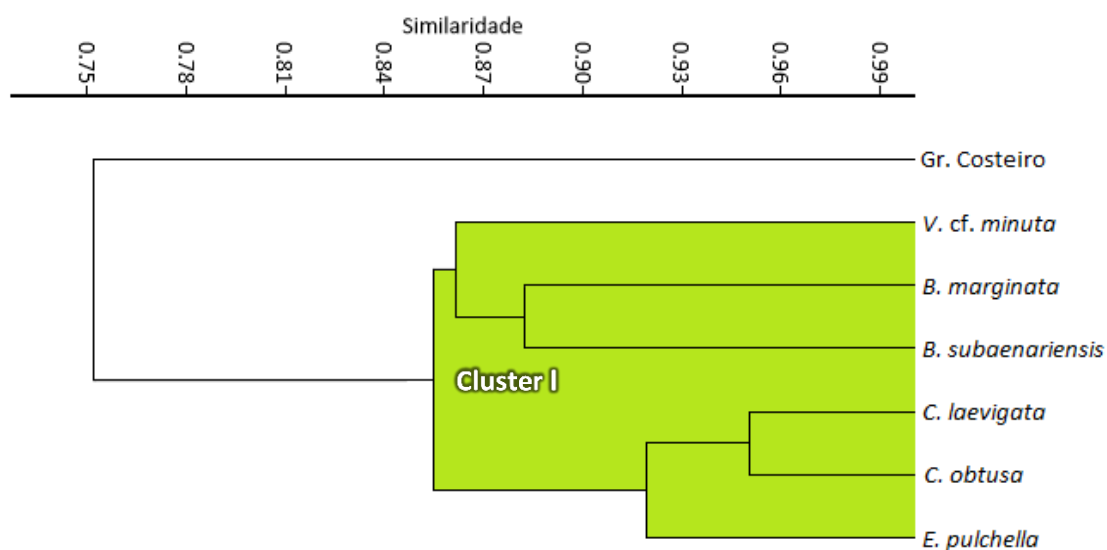


Figura 17 – Dendrograma da Análise de Clusters em modo-R, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e método de correlação UPGMA. Baseado na distribuição das espécies com abundância superior a 5% e inferior a 10%.

O Cluster I é composto pelas espécies: *Valvulineria cf. minuta*; *Bulimina marginata*; *Brizalina subaenariensis*; *Cassidulina laevigata*; *Cassidulina obtusa* e *Eoeponidella pulchella*. As cinco últimas, como já verificado no Capítulo 5.12, são espécies típicas do ambiente de plataforma externa. *Valvulineria cf. minuta* é uma espécie pouco descrita quanto ao seu contexto ecológico, mas a única referência encontrada refere a sua

presença na Nova Caledónia a -600 m (Debenay, 2012). Analisando os vários ramos do *Cluster* I, esta é a espécie que apresenta maiores dissimilaridades dentro do seu grupo.

O ramo do dendrograma que representa o grupo de foraminíferos costeiros encontra-se destacado do único *cluster* existente, apresentando uma forte dissimilaridade com a associação de espécies representada pelo *cluster*. Este resultado corrobora a hipótese de que o grupo costeiro é, de facto, composto por espécies alóctones à plataforma continental externa e, como tal, não apresenta qualquer correlação com as espécies típicas da região.

A Análise de *Clusters* efectuada em modo-Q apresenta um coeficiente de correlação cofenética de 0,72. O dendrograma produzido dividiu as amostras em três *clusters* distintos (Figura 18).

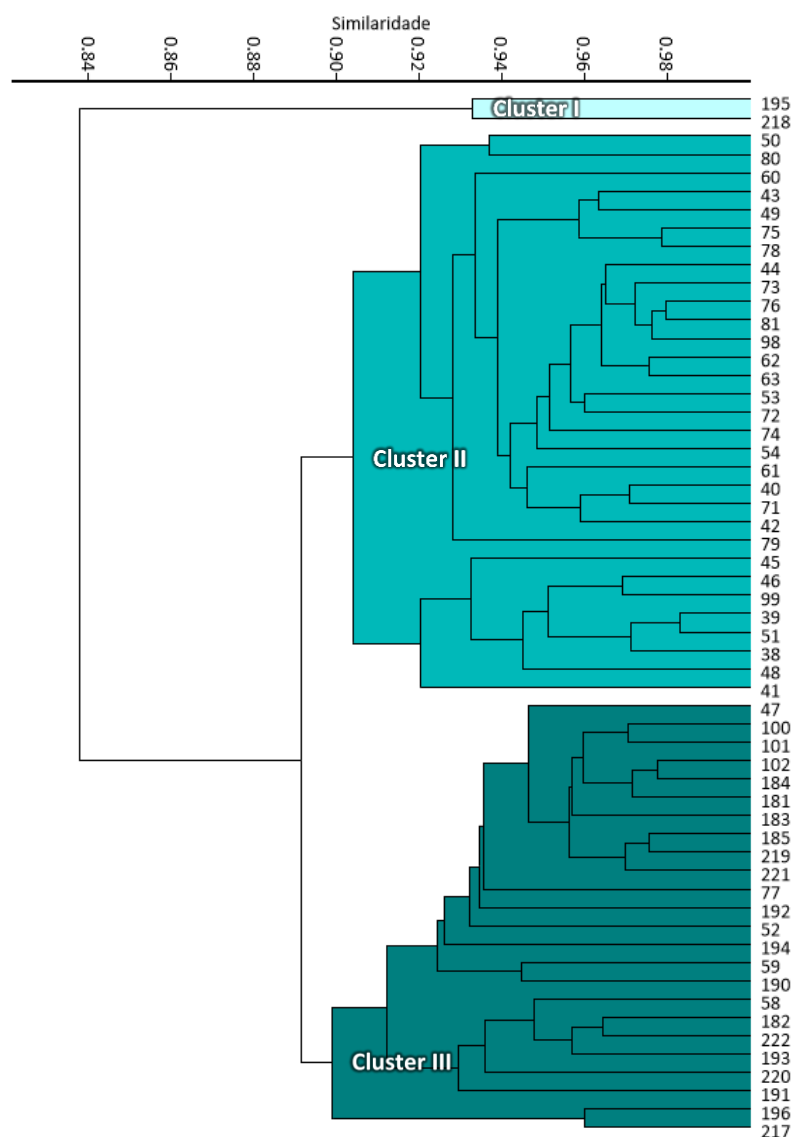


Figura 18 – Dendrograma da Análise de *Clusters* em modo-Q, utilizando o coeficiente de Bray-Curtis e método de correlação UPGMA. Baseado na distribuição das espécies com abundância superior a 5% e inferior a 10%.

O elevado número de amostras dificulta a interpretação dos resultados da Análise de *Clusters* pelo que se optou por representá-lo sob a forma de um gráfico de dispersão de forma a facilitar a visualização do resultado. As amostras de cada *cluster* foram projectadas com diferentes simbologias em função da proporção assumida pelo grupo costeiro nas mesmas (Figura 19).

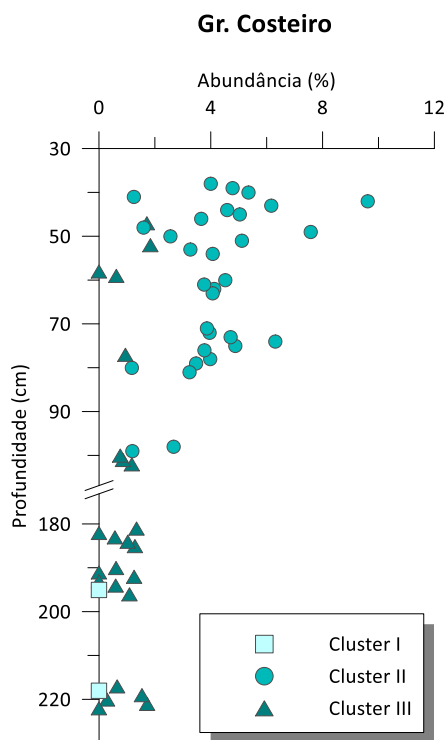


Figura 19 – Relação entre os *clusters* de amostras e a abundância relativa do Gr. Costeiro. //- Intervalo sem amostragem.

O *Cluster* I compreende um conjunto de duas amostras sem foraminíferos costeiros.

O *Cluster* II compreende as amostras que apresentam as maiores proporções de foraminíferos costeiros, em geral superiores a 2%.

Por fim o *Cluster* III compreende amostras que, em geral, apresentam as menores proporções de foraminíferos costeiros, inferiores a 2%.

Não é possível inferir a razão da separação entre o *Cluster* I e III, uma vez que a composição faunística das amostras é bastante semelhante, apresentando ambas reduzida abundância do grupo costeiro.

A Análise de Componentes Principais revelou os seguintes *eigenvalues* para sete eixos, representados na Tabela 2.



Tabela 2 – Resultados dos *eigenvalues* da ACP.

ACP	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Eixo 6	Eixo 7
<i>Eigenvalues</i>	0.176	0.065	0.031	0.019	0.012	0.008	0.002
Percentagem da variância total	56.1	20.7	10.0	6.1	4.0	2.6	0.5
Percentagem acumulada da variância total	56.1	76.8	86.8	92.9	96.9	99.5	100.0

A escolha do número de componentes a ter em conta na análise foi realizada recorrendo a um método comumente utilizado, que consiste na selecção dos eixos (ou componentes) que representam maior variabilidade que a média explicada por cada eixo. Este valor médio obtém-se dividindo a variância total pelo número de espécies (Lepš e Šmilauer, 2003). Tendo em conta que a variância total representada pelos componentes é 0,313 e que o número de espécies analisadas é 7, devem ser seleccionados todos os componentes que apresentem *eigenvalues* superiores a 0,045, ou seja, os componentes 1 e 2.

O gráfico seguinte (Figura 20) representa os resultados da ACP para o componente 1 e 2, em que as amostras se encontram representadas por pontos e as espécies por setas.

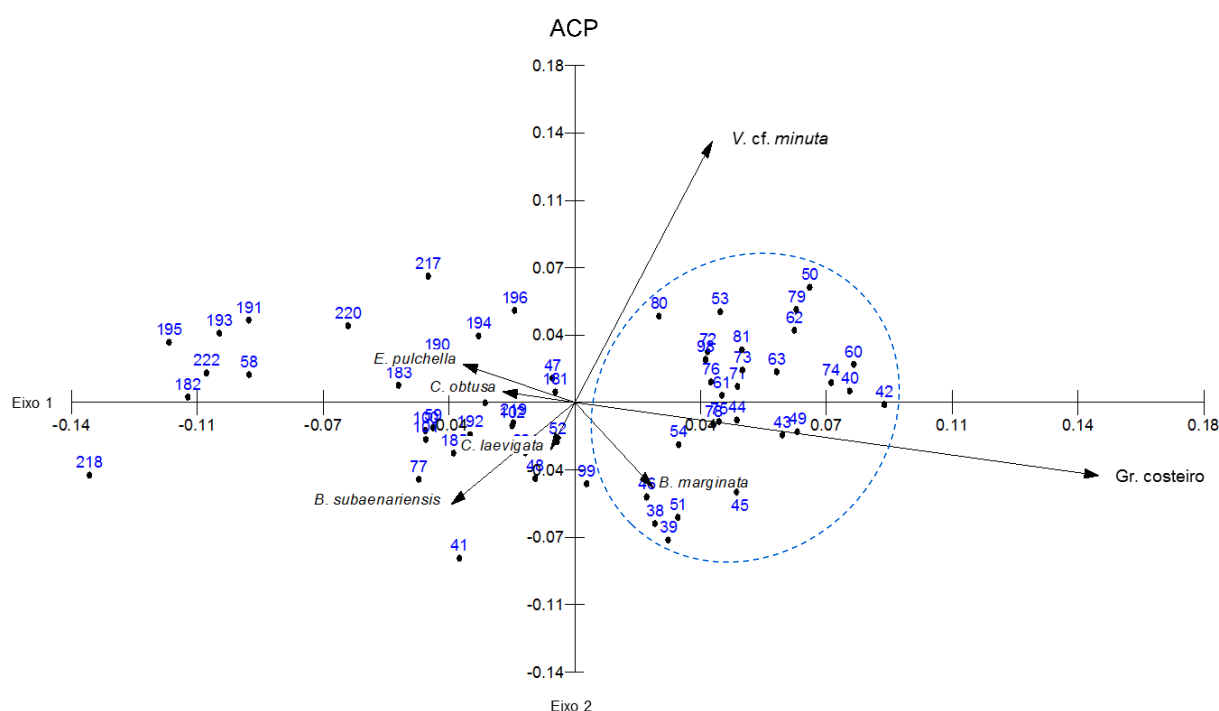


Figura 20 – Diagrama de ordenação da Análise de Componentes Principais para a Componente 1 e 2, baseado na distribuição das espécies com abundância superior a 5% e inferior a 10%. *Vector scaling* = 0,16.

Analisando a Figura 20, destaca-se de imediato a elevada correlação do grupo dos foraminíferos costeiros e da espécie *V. cf. minuta* com os componentes seleccionados.

O grupo dos foraminíferos costeiros apresenta uma forte correlação com o componente principal 1, alguma correlação positiva com *B. marginata*, correlação negativa com *E. pulchella* e *C. obtusa* e ausência de correlação com *V. cf. minuta*, *B. subaenariensis* e *C. laevigata*.

*Valvulineria cf. minuta* apresenta uma forte correlação com o componente principal 2, correlação negativa com *B. subaenariensis* e *C. laevigata* e ausência de correlação com *E. pulchella*, *C. obtusa*, *B. marginata* e o grupo dos foraminíferos costeiros.

É possível identificar um grupo de amostras (delineadas com uma elipse) que surgem associadas ao vector do grupo de foraminíferos costeiros. Estas amostras são as que apresentam em geral maior proporção do grupo costeiro e correspondem em grande parte às amostras que compõem o *Cluster II*.

## 7. DISCUSSÃO



## 7. DISCUSSÃO

Nas 57 amostras analisadas, verificou-se que as associações apresentam apenas uma espécie dominante, *B. pseudopunctata*, e duas comuns, *B. spathulata* e *E. vitrea*, todas típicas da plataforma continental.

Estas espécies têm uma elevada tolerância às variações dos parâmetros ambientais (euriparamétricas), o que leva a uma presença muito significativa nas associações da plataforma continental, podendo ser consideradas como espécies oportunistas. A sua forte dominância verifica-se especialmente em condições de abundância de alimento (Fontanier *et al.*, 2003; Langezaal *et al.*, 2006; Diz e Francés, 2008).

Como foi referido, no âmbito do projecto POPEI verificou-se que no local de amostragem prevaleceram condições de produtividade estáveis ao longo de *ca.* 12 000 anos, que favoreceram as espécies oportunistas (Bento *et al.*, 2010).

As espécies dominantes e comuns representam 35% a 57% das associações de foraminíferos bentónicos ao longo de todo o registo. Apesar da sua abundância ser sempre elevada, a mesma espécie chega a variar cerca de 10% entre amostras. Contudo, a redução da proporção de uma espécie, nem sempre se traduz na redução da proporção do conjunto das espécies oportunistas na amostra. Isto porque a perda de expressão de uma espécie dominante, ou comum, frequentemente é compensada pelo aumento da proporção das restantes espécies oportunistas.

Como consequência da elevada percentagem que as espécies dominantes e comuns ocupam na associação, o sinal das espécies costeiras que se pretende analisar neste trabalho apresenta proporções reduzidas. Sabendo que *B. pseudopunctata*, *E. vitrea* e *B. spathulata* são típicas do ambiente de plataforma externa, têm um comportamento oportunista associado à produtividade oceânica e apresentam um registo contínuo ao longo de todas as amostras analisadas, sem qualquer ligação à problemática em estudo, optou-se por retirá-las das contagens de forma a ampliar o sinal das espécies costeiras (Figura 21).

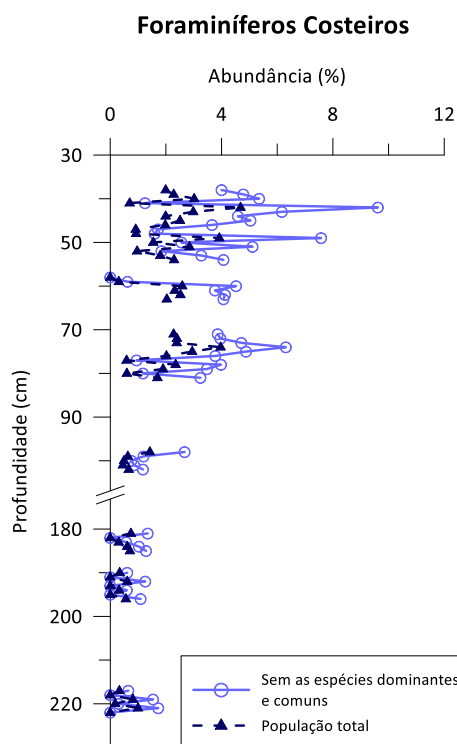


Figura 21 – Abundância relativa dos foraminíferos costeiros na população com e sem as espécies dominantes e comuns. //- Intervalo sem amostragem.

A análise da Figura 21 permite verificar que, retirado o peso das espécies dominantes e comuns associadas à produtividade, a abundância dos foraminíferos costeiros adquire de facto uma expressão significativa que corresponde, sensivelmente, ao dobro da que exibia com a população total. Desta forma, optou-se por prosseguir com a análise da distribuição das espécies costeiras, sem contabilizar as espécies oportunistas e tirando partido da resultante ampliação do sinal.

O grupo das espécies costeiras apresenta uma maior expressão entre 38 cm e 98 cm de profundidade, particularmente nos níveis 42-43 cm, 49-50 cm e 74-75 cm (Figura 22a). Verifica-se uma tendência geral de diminuição da sua proporção em profundidade, que se torna mais acentuada a partir dos -98 cm, mantendo-se sempre inferior a 2%.

Os níveis de maior abundância do grupo costeiro encontram-se aproximadamente coincidentes com níveis em que se verifica também um aumento do diâmetro médio do sedimento (Figura 22b).

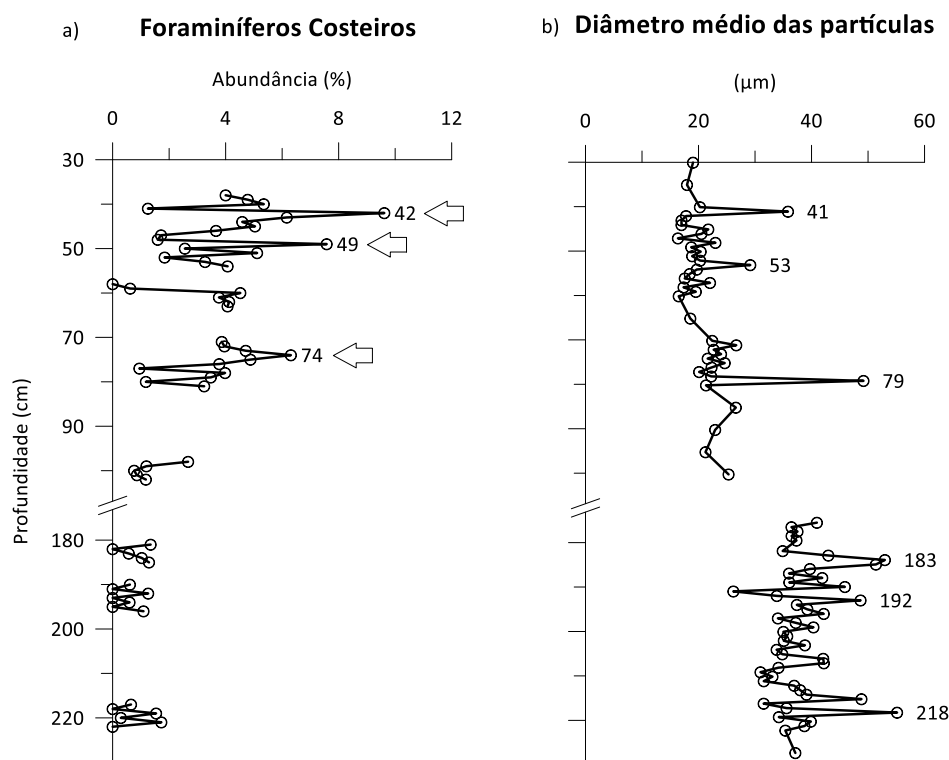


Figura 22 – Abundância relativa dos foraminíferos costeiros na população sem as espécies dominantes e comuns (a) e variação do diâmetro médio das partículas em profundidade (b). // - Intervalo sem amostragem.

A presença de espécies de foraminíferos típicas de ambientes estuarinos (Murray, 1971; Diz, 2004; Camacho *et al.*, 2014), a cerca de -100 m, com as carapaças mal conservadas e tendencialmente associadas a níveis em que a textura do sedimento é mais grosseira, sugerem que a sua ocorrência na plataforma externa esteja associada a transporte.

A distância verificada entre o local de amostragem e os habitats naturais destas espécies implica que a sua presença neste contexto esteja associada a eventos de grande potencial energético, capazes de provocar erosão e de promover o transporte de materiais para o largo. Desta forma, é possível interpretar a sua presença no contexto da plataforma continental externa como indicadora de eventos de elevada energia.

Podemos considerar à partida dois tipos de eventos com potencial para operar como mecanismos de transporte de longa distância para a região em causa: cheias extremas e ressaca das ondas de tsunamis.

A zona costeira a norte da área de estudo encontra-se enquadrada por algumas ribeiras de pequena dimensão. Com base num estudo das situações hidrológicas extremas na região algarvia, realizado no âmbito do Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do

Algarve (1999; Figura 23; Tabela 3), verificou-se que, embora estas ribeiras apresentem fraco caudal, em situação de cheia algumas delas podem atingir valores significativos.

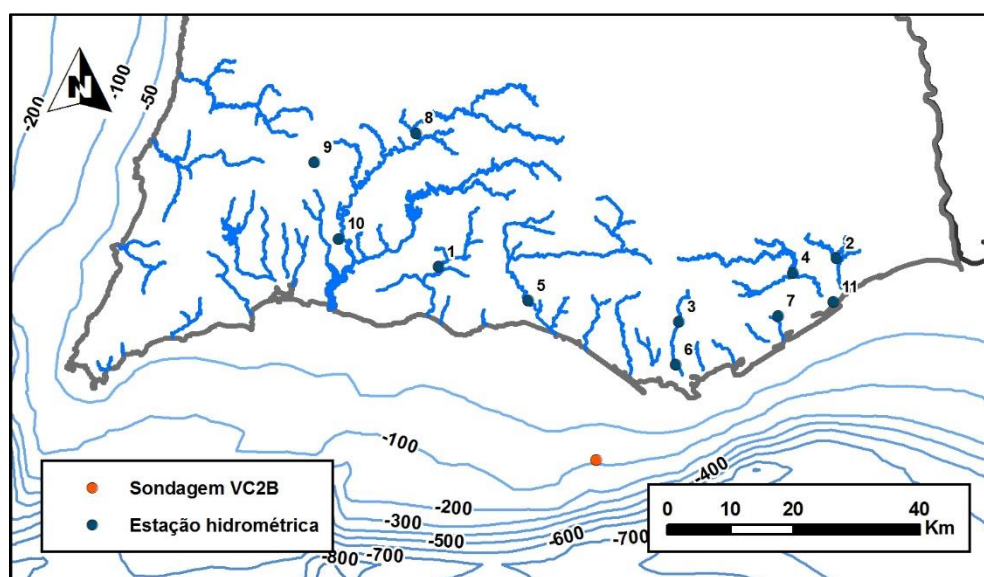


Figura 23 – Localização de estações hidrométricas analisadas no PBH das Ribeiras do Algarve (1999).

A Ribeira de Quarteira, a cerca de 21 km a NNW da área de estudo, é uma das ribeiras com caudal mais elevado da região. Estima-se que pode apresentar um caudal de ponta de cheia de  $\approx 560 \text{ m}^3/\text{s}$  para um evento com período de retorno de 100 anos e  $\approx 790 \text{ m}^3/\text{s}$  para um período de retorno de 1000 anos (Tabela 3). Estes são valores bastante significativos tendo em conta que o caudal médio diário de uma série de 12 anos (1990 a 2012) é de  $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$ , e o valor máximo registado é de  $124,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (SNIRH, 2015). Desta forma, as descargas fluviais mais acentuadas nos períodos torrenciais poderão ter a capacidade de remobilizar os sedimentos dos estuários e transportar a fauna endémica durante alguns quilómetros para o largo.



Tabela 3 – Caudais de ponta de cheia estimados com base em dados de estações hidrométricas (adaptado do PBH das Ribeiras do Algarve, 1999).

Estação	Linha de água	Caudal de ponta de cheia (m <sup>3</sup> /s)	
		Período de retorno (anos)	
		100	1000
1	Ribeira de Alcantarilha	291	411
2	Ribeira de Almargem	217	316
3	Rio Seco	199	280
4	Ribeira de Alportel	273	394
5	Ribeira de Quarteira	560	786
6	Rio Seco	222	307
7	Ribeira dos Mosqueteiros	30	43
8	Ribeira de Odelouca	345	499
9	Ribeira de Monchique	5	13
10	Ribeira de Odelouca	641	901
11	Rio Gilão	480	667

A influência das cheias extremas, como elemento de transporte, oferece uma possível explicação para a presença de indivíduos no registo da plataforma externa. É de salientar que os intervalos de recorrência destes eventos são bastante reduzidos, quando comparados com eventos tsunamigénicos, o que resultará numa contribuição mais constante. Contudo, a capacidade energética destes eventos é significativamente menor que a dos tsunamis, pelo que a quantidade de material transportado será também bastante inferior. Desta forma, é expectável que o material costeiro transportado pelas cheias extremas até à plataforma externa, corresponda a uma quantidade reduzida de material costeiro, interpretável no registo da sondagem como um ruído de fundo, mais evidente a partir dos -98 cm.

O registo histórico de tsunamis relevantes na costa portuguesa inicia-se em 60 a.C., enquanto que a publicação de catálogos sísmicos só tem lugar no início do século XX, com a instalação das primeiras estações sismográficas (Baptista e Miranda, 2005).

Da análise deste registo salienta-se um episódio sísmico com componente tsunamigénica de grande magnitude. Este evento teve lugar na manhã de 1 de Novembro de 1755 e atingiu uma magnitude estimada de 8,5 a 9 na escala de Richter (Matias, 2005; Figura 24). A sua fonte estará, muito provavelmente, associada a falhas activas de orientação aproximada norte-sul na região sudoeste ibérica (Terrinha *et al.*, 2005).

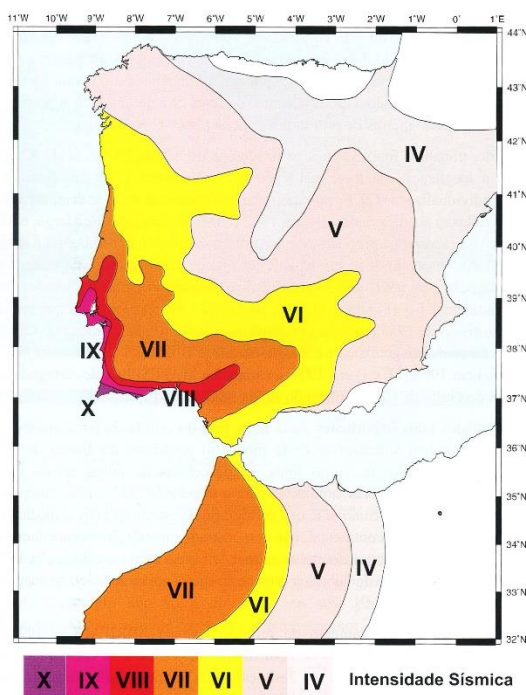


Figura 24 – Isossistas do sismo de 1 de Novembro de 1755 (adaptado de Levret, 1991 in Terrinha *et al.*, 2005).

Como referido anteriormente no registo das espécies costeiras destacam-se sobretudo três níveis, pelo aumento substancial da proporção deste grupo, aos 42-43 cm, 49-50 cm e 74-75 cm de profundidade. As datações realizadas na sondagem (Figura 8b) permitem considerar respectivamente as idades calibradas, 1850-1870 d.C., 1800-1830 d.C. e 1600-1670 d.C. ( $2\sigma$ ), para estes níveis. A proximidade das idades estimadas a 1755 d.C., sugere a possibilidade deste evento tsunamigénico ser o responsável pela presença acentuada das espécies costeiras.

Os modelos de idades tendem a pressupor que a taxa de sedimentação é constante entre cada nível datado. Contudo, mesmo em condições normais, existem sempre perturbações que influenciam a taxa de sedimentação. No caso em questão, é ainda mais expectável que exista algum erro associado às estimativas de idade para os níveis afectados pelo tsunami de 1755. Este terá provocado a remobilização, erosão e transporte dos sedimentos do fundo marinho a partir do momento em que a onda interfere com a superfície da plataforma. Pouco tempo depois dá-se um aumento da taxa de sedimentação por acção do *backwash* das ondas de tsunami. Estas desencadeiam um acarreo de sedimento superior ao normal, com um alcance alargado, que terá atingido a plataforma externa. Desta forma, e devido à proximidade das idades estimadas para os

níveis de maior abundância do grupo costeiro em torno de 1755, é expectável que toda a secção (-38 cm a -81 cm) esteja associada ao mesmo depósito tsunamigénico.

Embora a idade estimada para base do depósito (1550-1630 d.C.) seja anterior a 1755, esta discrepância resultará da própria acção do tsunami. Estas ondas, ao passarem pela plataforma externa na sua aproximação à costa, provocam a erosão e remobilização dos sedimentos do fundo marinho (Abrantes *et al.*, 2008). Desta forma, quando o material costeiro chegou à plataforma externa, transportado já pelo *backwash* das ondas de tsunami, depositou-se em desconformidade sobre uma superfície mais antiga, de idade anterior à do evento de 1755.

A presença de indicadores tsunamigénicos nos níveis superiores, com especial destaque para -42 cm e -49 cm, de idade estimada em 1850-1870 d.C. e 1800-1830 d.C., poderá estar associada a processos de transporte posteriores ao evento tsunamigénico. Ou seja, os materiais de origem costeira que durante o evento foram depositados na plataforma interna, foram sofrendo remobilização e transporte ao longo do tempo sob acção das correntes e da ondulação até atingir uma posição em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas do meio, na plataforma externa.

Para apurar se este material terá sido depositado imediatamente após o evento tsunamigénico, ou se resulta de remobilizações e transportes sucessivos do material depositado na plataforma interna, seria necessário realizar uma datação radiométrica acima do depósito.

Como referido, o transporte do material costeiro registado no topo da sondagem (38-81 cm) terá sido desencadeado pelo *backwash* de ondas de tsunami. Estudos recentes têm vindo a mostrar que este é um mecanismo de extrema energia, capaz de gerar transporte em massa de materiais que se encontrem na região costeira, o que provoca a acumulação de materiais de *nearshore* a *offshore* (Abrantes *et al.*, 2008; Sugawara *et al.*, 2009; Figura 25).

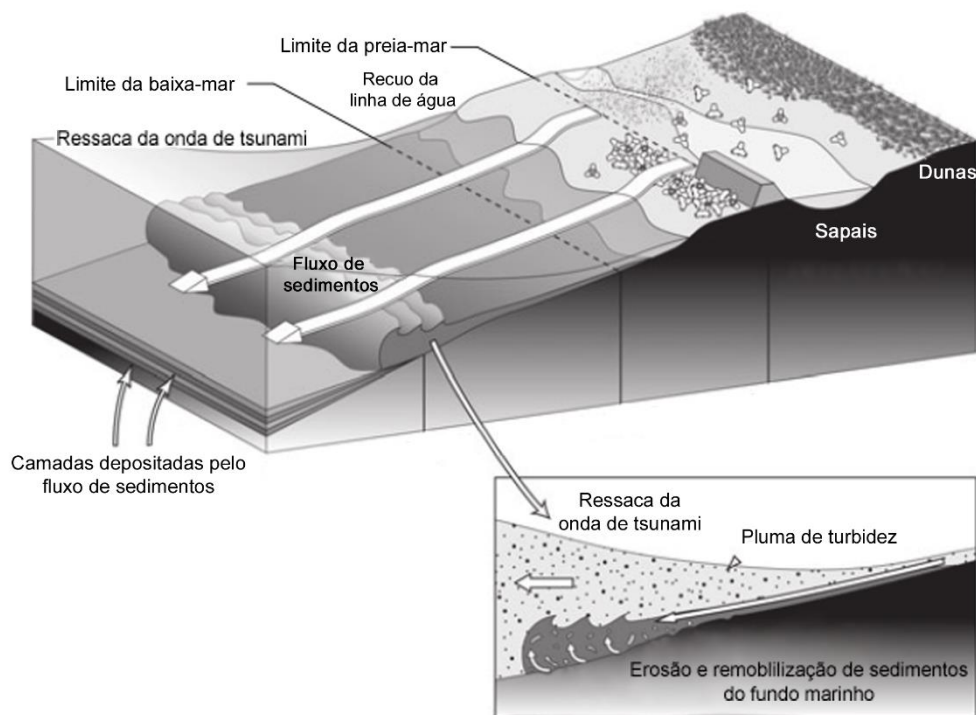


Figura 25 – Diagrama esquemático ilustrativo do modo de sedimentação por acção de *backwash* de tsunami (adaptado de Sugawara *et al.*, 2009).

A energia associada ao transporte vai-se perdendo naturalmente com a distância percorrida em direcção ao largo. Inicialmente o *backwash* pode ter a capacidade de realizar o transporte de materiais muito grosseiros, contudo, essa capacidade vai diminuindo gradualmente. O transporte pode ser realizado por correntes que provocam remobilização, erosão e transporte dos sedimentos de fundo, bem como transporte em suspensão, por plumas de turbidez. A corrente de retorno sofre dissipação de energia em direcção à plataforma externa, o que leva a que o material lá depositado seja composto essencialmente por partículas finas e muito finas transportadas em suspensão.

A reduzida frequência de níveis com abundância de faunas potencialmente indicadoras de eventos tsunamigénicos, poderá também ser explicada pelos longos intervalos de recorrência entre episódios sísmicos de elevada magnitude que afectaram Portugal Continental. Na verdade pode considerar-se que o tsunami associado ao sismo de 1755 será um evento singular.

Para além dos intervalos de recorrência longos, tem-se verificado que os eventos sísmicos de magnitudes elevadas nem sempre desencadeiam tsunamis de grandes dimensões. Tal foi o caso do sismo de 28 de Fevereiro de 1969, originado por uma falha inversa com epicentro a cerca de 230 km a SW de Lisboa. Este evento atingiu a magnitude

significativa de 7,3 na escala de Richter provocando estragos avultados, especialmente na região algarvia onde se chegou a registar intensidade VIII, a mais elevada no país (Miranda e Carrilho, 2014; Figura 26a). Apesar da magnitude do evento ser considerável e de ter desencadeado um tsunami, este ficou registado em diversos marégrafos ao longo da costa portuguesa com amplitudes bastante reduzidas. Em Lagos atingiu uma amplitude máxima de cerca de 1 m (Baptista e Miranda, 2005; Figura 26b).

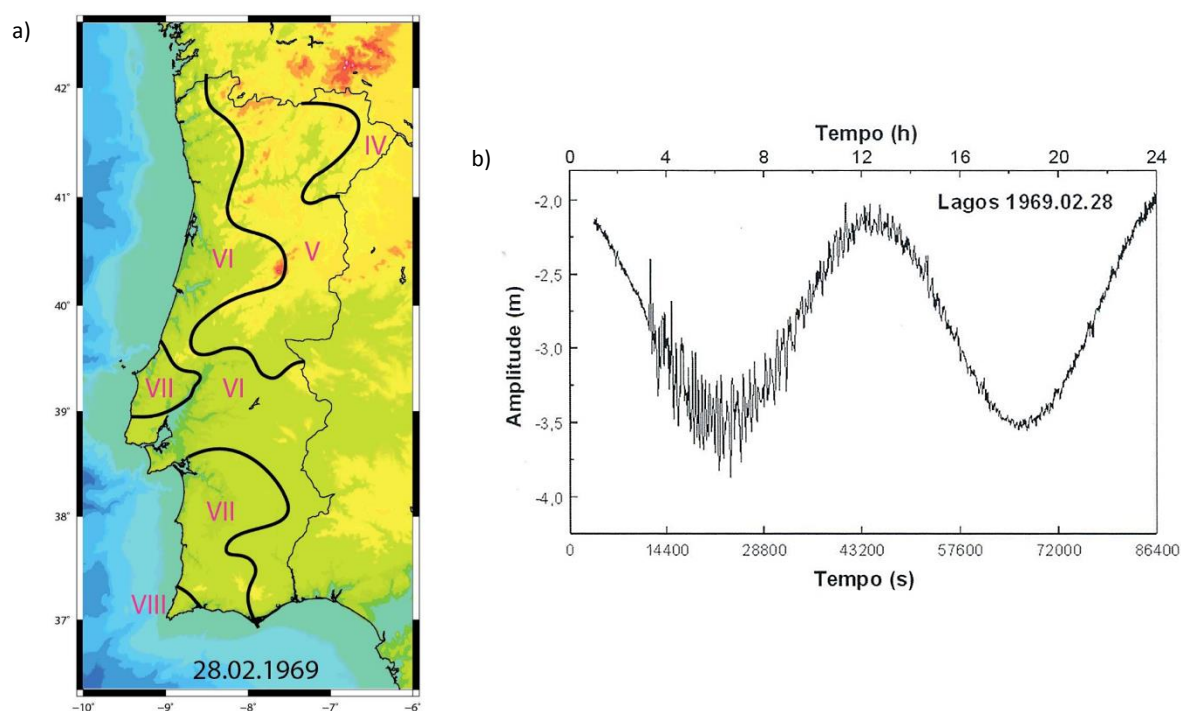


Figura 26 – Carta de isossistas do sismo de 28 de Fevereiro de 1969 (Miranda e Carrilho, 2014) (a) e registo do marégrafo de Lagos (Baptista e Miranda, 2005) (b).

Este registo vem comprovar que sismos, gerados por falhas com componente de deslocamento vertical e magnitude elevada, nem sempre conduzem à geração de tsunamis de grandes dimensões.

Em suma, através da análise da distribuição do grupo de foraminíferos costeiros é possível atribuir a sua presença ao evento tsunamigénico ocorrido em 1755. Este é assinalado na sondagem pela abundância relativamente acentuada de espécies costeiras entre os 38 cm e os 81 cm de profundidade e particularmente nos -42 cm, -49 cm e -74 cm. A partir dos 98 cm de profundidade a proporção do grupo diminui significativamente, no entanto continua a estar representado na maior parte das amostras até -221 cm. Este sinal costeiro, mais ténue quando comparado com os níveis superiores, poderá corresponder ao registo de eventos tsunamigénicos de menor intensidade que o de 1755. No entanto poderá também ser atribuído a fenómenos torrenciais, que desencadeiam

cheias extremas com capacidade de remobilizar e transportar os sedimentos da zona costeira para o largo.

A análise estatística revelou ainda outro sinal de transporte para além do potencialmente associado a um evento tsunamigénico. Este sinal é representado pela presença de *V. cf. minuta*, uma espécie cuja informação ecológica, sendo escassa, aparenta ser típica de profundidades superiores à da área de estudo. Uma possível explicação para a sua origem pode estar na remobilização e transporte dos sedimentos de fundo gerados pelos fenómenos de *upwelling* que se instalam na costa algarvia.

Os fenómenos de *upwelling* presentes nesta região podem ter duas origens distintas: os ventos com orientação geral norte-sul, que provocam a ascensão de plumas de água fria na costa ocidental, que contornam o Cabo de S. Vicente e transportam nutrientes em suspensão ao longo da costa algarvia (Relvas e Barton, 2002), ou associados a ventos com orientação geral oeste-este, capazes de desencadear a ascensão das correntes de *upwelling* directamente na costa algarvia (Loureiro *et al.*, 2005).

Vitorino *et al.* (2002) e Balsinha *et al.* (2014) confirmaram que os fenómenos de *upwelling* intensos podem gerar remobilização episódica de sedimentos finos na plataforma externa e o seu transporte para zonas menos profundas. Contudo, em situações de ventos norte-sul em que o *upwelling* ocorre na plataforma ocidental, a remobilização dos fundos não afectará a plataforma algarvia, esta será apenas influenciada pelo transporte da pluma de água superficial rica em nutrientes. Desta forma, os únicos eventos de *upwelling* passíveis de serem considerados como desencadeadores de remobilização e transporte de sedimentos de fundo na plataforma externa da costa algarvia, serão os associados a ventos oeste-este. Se se considerar as dimensões atingidas pelos exemplares de *Valvulineria cf. minuta*, próximas do calibre dos siltes, é possível inferir que esta será uma espécie relativamente fácil de transportar, mesmo sob acção de correntes de baixa energia como as que são originadas pelo *upwelling* costeiro.

## 8. CONCLUSÕES





## 8. CONCLUSÕES

O estudo de alta resolução levado a cabo na sondagem VC2B permitiu avaliar a composição das associações de foraminíferos bentónicos em 57 amostras. No total foram contabilizados 27 786 foraminíferos, tendo-se identificado 88 espécies e 28 morfotipos classificados apenas até ao género.

A análise das populações presentes nas amostras estudadas veio confirmar os resultados do projecto POPEI no que diz respeito à estabilidade da produtividade na região. Esta é evidenciada por um conjunto de três espécies de comportamento oportunista, uma dominante e duas comuns, nomeadamente, *B. pseudopunctata*, *B. spathulata* e *E. vitrea*. Estas espécies apresentam uma distribuição estável ao longo das secções estudadas, representando em média 45% da população.

Foi colocada em evidência uma presença alóctone de espécies típicas de ambiente de sapal, nomeadamente, *J. macrescens*, *L. ochracea* e ainda uma quantidade significativa de indivíduos costeiros, não identificáveis devido ao seu mau estado de conservação. Este grupo de espécies assume maior expressão nas amostras entre 38 cm e 81 cm de profundidade.

A presença de espécies documentadas como típicas de ambientes de sapal, no domínio da plataforma externa, tendencialmente aliadas a níveis com uma textura mais grosseira, sugere a actuação de um mecanismo de transporte de elevada energia em direcção ao largo. Devido à proximidade entre a idade estimada para os níveis de maior abundância do grupo costeiro (-42 cm, -49 cm e -74 cm) e o tsunami de 1755, sugere-se que este seja o fenómeno responsável pelo transporte.

O depósito tsunamigénico aparenta estar representado ao longo de todo o intervalo, entre 38 cm e 81 cm de profundidade. Este intervalo é relativamente extenso porque reflecte a elevada taxa de sedimentação resultante do material transportado directamente pelo *backwash* das ondas de tsunami, bem como a remobilização dos materiais finos depositados inicialmente na plataforma interna e média, mas que foram sendo transportados para o largo, onde resedimentaram posteriormente, em equilíbrio com as condições hidrodinâmicas da plataforma externa.

O depósito tsunamigénico assenta sobre níveis de idade estimada anterior à do evento de 1755. Esta incoerência dever-se-á aos processos de erosão e remobilização dos

sedimentos do fundo oceânico, provocados pela passagem das ondas do tsunami sobre a plataforma externa (Abrantes *et al.*, 2008). Desta forma, quando o material costeiro transportado pelo *backwash* das ondas chegou à plataforma, depositou-se em desconformidade sobre uma superfície mais antiga, anterior a 1755.

Estes resultados são corroborados pela análise estatística multivariada. Tanto a Análise de Componentes Principais como a Análise de *Clusters* revelaram a ausência de correlação ou correlação negativa entre o grupo costeiro e as restantes espécies da associação autóctone, típicas do ambiente de plataforma externa. Quanto às amostras, a ACP revelou uma forte correlação entre os níveis estudados no intervalo de 38 cm a 81 cm de profundidade e o grupo costeiro. Em contraste, as restantes amostras encontram-se mais correlacionadas com as espécies típicas da plataforma. A Análise de *Clusters* colocou também em evidência a correlação entre as amostras deste intervalo (-38 cm a -81 cm), agrupando praticamente todas elas num só *cluster*.

Embora no registo histórico se encontrem assinalados eventos sísmicos de grande magnitude, como o de 1755, estes nem sempre desencadeiam tsunamis de forte intensidade. Tal foi o caso do sismo de 1969 que, apesar de ter uma magnitude de 7,3 na escala de Richter produziu um tsunami de amplitude bastante reduzida, cujo valor máximo atingiu apenas cerca de 1 m, em Lagos. Este registo reflecte assim a singularidade do evento de 1755, que aparenta ser o único grande tsunami claramente registado pelas associações de foraminíferos bentónicos desta sondagem.

Quanto ao registo das espécies costeiras com fraca abundância entre 98 cm e 221 cm de profundidade, este pode ser explicado por dois fenómenos distintos: a presença de depósitos tsunamigénicos associados a eventos de baixa intensidade, ou o transporte desencadeado por cheias extremas.

Tal como a ressaca das ondas de tsunami, as cheias extremas associadas a fenómenos torrenciais, tendem a desencadear a remobilização e transporte de material costeiro para o largo. Os intervalos de recorrência, por serem relativamente reduzidos (*ca.* 100 anos), permitiram a introdução de material costeiro na plataforma externa com mais frequência que os eventos tsunamigénicos extremos.

Para além do sinal de transporte previamente associado ao evento tsunamigénico, a análise estatística multivariada destacou ainda um segundo sinal de transporte, de

menor dimensão e a partir do largo. Este sinal é representado pela ocorrência, em reduzida abundância mas presente em todas as amostras, de *V. cf. minuta*, uma espécie que será típica de profundidades superiores àquela onde se recolheu a sondagem VC2B, provavelmente do ambiente de talude continental. A sua presença poderá estar relacionada com a ocorrência de fenómenos intensos de *upwelling* na costa algarvia, associados a ventos oeste-este, que desencadeiam remobilização e transporte episódico de sedimentos finos para regiões menos profundas. Os exemplares de *V. cf. minuta* serão facilmente transportados, juntamente com o sedimento, devido à reduzida dimensão desta espécie. A Análise de Componentes Principais confirmou a ausência de correlação ou correlação negativa entre *V. cf. minuta* e as espécies típicas da plataforma externa. Quanto à Análise de *Clusters*, embora esteja colocada num *cluster* com espécies autóctones, é a que apresenta maior dissimilaridade em relação a estas.

Os resultados obtidos mostram que as associações de foraminíferos bentónicos podem desempenhar um papel importante na identificação de depósitos tsunamigénicos preservados na plataforma continental. A sua contribuição baseia-se na identificação da ocorrência alóctone de espécies tipicamente costeiras num contexto como é o caso da plataforma externa.

Em trabalhos futuros seria importante aplicar este tipo de estudo a domínios menos profundos, como a plataforma interna e média, onde o sinal costeiro se possa encontrar melhor preservado, quer no que diz respeito à representatividade das associações de foraminíferos, quer no registo de eventos tsunamigénicos de menor amplitude.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, F., Lebreiro, S., Rodrigues, T., Gil, I., Bartels-Jónsdóttir, H., Oliveira, P., Kissel, C., e Grimalt, J. O. (2005). Shallow-marine sediment cores record climate variability and earthquake activity off Lisbon (Portugal) for the last 2000 years. *Quaternary Science Reviews*, 24, 2477-2494.
- Abrantes, F., Alt-Epping, U., Lebreiro, S., Voelker, A. e Schneider, R. (2008). Sedimentological record of tsunamis on shallow-shelf areas: The case of the 1969 AD and 1755 AD tsunamis on the Portuguese Shelf off Lisbon. *Marine Geology*, 249, 283-293.
- Ambar, I., Armi, L., Bower, A. e Ferreira, T. (1999). Some aspects of time variability of the Mediterranean Water off south Portugal. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 46, 1109-1136.
- Andrade, C. (1990). O Ambiente de Barreira da Ria Formosa Algarve – Portugal. Tese de doutoramento (inédito), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, vol. 1, 324 pp.
- Andrade, C. (2005). O registo geológico do tsunami no Algarve. In: Costa, A. e Abreu, M. (Ed.), *1755 - Terramoto no Algarve*. Centro de Ciência Viva do Algarve, 188-206.
- Balsinha, M., Fernandes, C., Oliveira, A., Rodrigues, A. e Taborda, R. (2014). Sediment transport patterns on the Estremadura Spur continental shelf: Insights from grain-size trend analysis. *Journal of Sea Research*, 93, 28-32.
- Baptista, M. A. e Miranda, M. (2005). Tsunamis em Portugal. In: Costa, P. T. (ed.), *Terramotos e Tsunamis*. Livro Aberto, Editores Livreiros Lda., Lisboa, 27-53.
- Baringer, M. O. e Price, J. F. (1999). A review of the physical oceanography of the Mediterranean outflow. *Marine Geology*, 155, 63-82.
- Barmawidjaja, D. M., Jorissen, F. J., Puskaric, S. e Zwaan, G. J. Van Der (1992). Microhabitat selection by benthic Foraminifera in the Northern Adriatic Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 22, 297-317.
- Bento, A., Fatela, F. e Drago, T. (2010). Evolução das associações de Foraminíferos bentónicos da plataforma continental ao largo de Faro (S Portugal): implicações paleoambientais nos últimos 12 000 anos BP. *COASTAL HOPE 2010 – Iberian Coastal*

- Holocene Paleoenvironmental Evolution proceedings*, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 97-98.
- Blaauw, M. (2010). Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology*, 5, 512-518.
- Brady, H. B. (1884). Report on the Foraminifera dredged by HMS Challenger, during the years 1873-1876. *Reports of the scientific results of the voyage of HMS Challenger, zoology 9*, 814 pp.
- Bryant, E. (2001). *Tsunami: The Underrated Hazard*. Cambridge University Press, Cambridge, 320 pp.
- Camacho, S. (2012). Ecologic zonation model of the benthic foraminifera and thecamoebians of Guadiana River Estuary and application in paleoenvironmental reconstruction. Tese de doutoramento (inédito), Universidade do Algarve, Faro, vol. 2, 125 pp.
- Camacho, S., Moura, D., Connor, S., Scott, D., e Boski, T. (2014). Ecological zonation of benthic foraminifera in the lower Guadiana Estuary (southeastern Portugal). *Marine Micropaleontology*, 114, 1-18.
- Correia, F., Ferreira, Ó. e Dias, J. A. (1997). Contributo das arribas para o balanço sedimentar do sector costeiro Quarteira - Vale do Lobo (Algarve - Portugal). *Seminário sobre a zona Costeira do Algarve*, Faro, 31-39.
- Costa, P. J. M., Andrade, C., Dawson, A. G., Mahaney, W. C., Freitas, M. C., Paris, R. e Taborda, R. (2012a). Microtextural characteristics of quartz grains transported and deposited by tsunamis and storms. *Sedimentary Geology*, 275-276, 55-69.
- Costa, P. J. M., Andrade, C., Freitas, M. C., Oliveira, M. A., Lopes, V., Dawson, A. G., Moreno, J., Fatela, F., Jouanneau, J.-M. (2012b). A tsunami record in the sedimentary archive of the central Algarve coast, Portugal: Characterizing sediment, reconstructing sources and inundation paths. *The Holocene*, 22, 899-914.
- Cushman, J. A. (1922). The Foraminifera of the Atlantic Ocean. *Smithsonian Institution*, Pt. 3, 137 pp.
- Cushman, J. A. (1927). An outline of a reclassification of the foraminifera. *Contributions from the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, 3, 1-105.



- De Stigter, H. C., Jorissen, F. J. e Zwaan, G. J. Van Der (1998). Bathymetric distribution and microhabitat partitioning of live (rose Bengal stained) benthic foraminifera along a shelf to bathyal transect in the southern Adriatic Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 28, 40-65.
- Debenay, J.-P. (2012). *A Guide to 1,000 Foraminifera from Southwestern Pacific: New Caledonia*. IRD Editions, Marseille, 378 pp.
- Debenay, J.-P., Tsakiridis, E., Soulard, R. e Grossel, H. (2001). Factors determining the distribution of foraminiferal assemblages in Port Joinville Harbor (Ile d'Yeu, France): the influence of pollution. *Marine Micropaleontology*, 43, 75-118.
- Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J. C. (2013). *Geologia de Portugal, Volume II, Geologia Meso-cenozóica de Portugal*. Escolar Editora, Lisboa, 798 pp.
- Diz, P. (2004). Foraminíferos Bentónicos en la Ría de Vigo. Tese de doutoramento (inédito), Universidade de Vigo, Vigo, 630 pp.
- Diz, P., Francés, G., Costas, S., Souto, C. e Alejo, I. (2004). Distribution of benthic foraminifera in coarse sediments, Ría de Vigo, NW Iberian margin. *Journal of Foraminiferal Research*, 34, 258-275.
- Diz, P., Francés, G. e Rosón, G. (2006). Effects of contrasting upwelling–downwelling on benthic foraminiferal distribution in the Ría de Vigo (NW Spain). *Journal of Marine Systems*, 60, 1-18.
- Diz, P. e Francés, G. (2008). Distribution of live benthic foraminifera in the Ría de Vigo (NW Spain). *Marine Micropaleontology*, 66, 165-191.
- Egger, J. G. (1893). Foraminiferen aus Meeresgrundproben, gelothet von 1874 bis 1876 von S. M. Sch. "Gazelle". *Abhandlungen der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Physikalischen Klasse*, 18, 193-458.
- Fatela, F. e Taborda, R. (2002). Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. *Marine Micropaleontology*, 45, 169-174.
- Fichtel, L. von e Moll, J. P. C. von (1798). *Testacea microscopica, aliaque minuta ex generibus Argonauta et Nautilus, ad naturam picta et descripta*. 1-123.

- Fontanier, C., Jorissen, F. ., Chaillou, G., David, C., Anschutz, P. e Lafon, V. (2003). Seasonal and interannual variability of benthic foraminiferal faunas at 550m depth in the Bay of Biscay. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 50, 457-494.
- Fornasini, C. (1900). Intorno ad alcuni esemplari di foraminiferi Adriatici. *Memorie della R. Accademie della Scienze dell' Instituto di Bologna, Scienze Naturali, ser 5 8 (1899-1900)*. 357-402.
- Fornasini, C. (1902). Sinossi metodica, dei Foraminiferi sin qui rinvenuti nella sabbia del Lido di Rimini. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna*, 10, 1-68.
- Gustafsson, M. e Nordberg, K. (2001). Living (stained) benthic foraminiferal response to primary production and hydrography in the deepest part of the Gullmar Fjord, Swedish west coast, with comparisons to Höglund's 1927 material. *Journal of Foraminiferal Research*, 31, 2-11.
- Hald, M. e Steinsund, P. I. (1992). Distribution of surface sediment benthic Foraminifera in the southwestern Barents Sea. *Journal of Foraminiferal Research*, 22, 347-362.
- Hammer, Ø. (2013). *Reference manual: PAST*. Natural History Museum, University of Oslo, 221 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. e Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, 9 pp.
- Hayward, B. W., Grenfell, H. R., Reid, C. M. e Hayward, K. A. (1999). *Recent New Zealand shallow-water benthic foraminifera: taxonomy, ecologic distribution, biogeography, and use in paleoenvironmental assessment*. Institute of Geological & Nuclear Sciences, Lower Hutt, 264 pp.
- Hernández-Molina, F.J., Llave, E., Somoza, L., Fernández-Puga, M.C., Maestro, A., León, R., Medialdea, T., Barnolas, A., García, M., Díaz del Río, V., Fernández-Salas, L.M., Vázquez, J.T., Lobo, F.J., Alveirinho-Dias, J.A., Rodero, J. e Gardner, J. (2003). Looking for clues to paleoceanographic imprints: a diagnosis of the Gulf of Cadiz contourite depositional systems. *Geology*, 31, 19-22.
- Heron-Allen, E. e Earland, A. (1930). The Foraminifera os the Plymouth district. *Journal of the Royal Microscopical Society*, 46-84.

- Hindson, R. A., Andrade, C. e Dawson, A. G. (1996). Sedimentary processes associated with the tsunami generated by the 1755 Lisbon earthquake on the Algarve coast, Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth*, 21, 57-63.
- Hindson, R. A. e Andrade, C. (1999). Sedimentation and hydrodynamic processes associated with the tsunami generated by the 1755 Lisbon earthquake. *Quaternary International*, 56, 27-38.
- Höglund, H. (1947). Foraminifera in the Gullmar Fjord and the Skagerak. *Zoologiska Bidrag Från Uppsala*, 26, 1-328.
- Jones, R. W. (1994). *The Challenger Foraminifera*. Oxford University Press, New York, 149 pp.
- Jongman, R.H. G., Ter Braak, C. J. F. e Van Tongeren, O. F. R. (1995). *Data Analysis in Community and Landscape Ecology*. Cambridge University Press, New York, 299 pp.
- Jorissen, F. J., Barmawidjaja, D. M., Puskaric, S. e van der Zwaan, G. J. (1992). Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea: The relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19, 131-146.
- Kovach Computing Services (2007). *Multi-Variate Statistical Package Version 3.1. Users' Manual*. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K., 145 pp.
- Langezaal, A. M., Jorissen, F. J., Braun, B., Chaillou, G., Fontanier, C., Anschutz, P. e Zwaan, G. J. Van Der (2006). The influence of seasonal processes on geochemical profiles and foraminiferal assemblages on the outer shelf of the Bay of Biscay. *Continental Shelf Research*, 26, 1730-1755.
- Lepš, J. e Šmilauer, P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press, 269 pp.
- Levret, A. (1991). The effects of the November 1, 1755 Lisbon earthquake in Morocco. *Tectonophysics*, 193, 83-94.
- Levy, A., Mathieu, R., Poignant, A., Rosset-Moulinier, M., Ubaldo, M. L. e Lebreiro, S. (1995). Foraminíferos actuais de la marge continental portuguesa – inventaire et distribution. *Memórias do Instituto Geológico e Mineiro*, 32, 116 pp.

- Loeblich, A. R. Jr e Tappan, H. (1988). *Foraminiferal Genera and Their Classification*. Van Nostrand Reinhold, New York, 970 pp.
- Loureiro, S., Newton, A. e Icely, J. D. (2005). Microplankton composition, production and upwelling dynamics in Sagres (SW Portugal) during the summer of 2001. *Scientia Marina*, 69, 323-341.
- Luz, C. (2011). Variações Sazonais das Associações de Foraminíferos e Ostracodos da Plataforma Continental Algarvia: avaliação da influência do upwelling. Tese de mestrado (inédito), Universidade de Lisboa, Lisboa, 250 pp.
- Manuppella, G. (1992). Notícia explicativa da Carta Geológica da Região do Algarve, escala 1/100 000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Manuppella, G., Ramalhos, M., Antunes, M. T. e Pais, J. (2007). Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, Folha 53-A Faro. Departamento de Geologia do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.
- Marchès, E., Mulder, T., Cremer, M., Bonnel, C., Hanquiez, V., Gonthier, E. e Lecroart, P. (2007). Contourite drift construction influenced by capture of Mediterranean Outflow Water deep-sea current by the Portimão submarine canyon (Gulf of Cadiz, South Portugal). *Marine Geology*, 242, 247-260.
- Marchès, E., Mulder, T., Gonthier, E., Cremer, M., Hanquiez, V., Garlan, T. e Lecroart, P. (2010). Perched lobe formation in the Gulf of Cadiz: Interactions between gravity processes and contour currents (Algarve Margin, Southern Portugal). *Sedimentary Geology*, 229, 81-94.
- Matias, L. (2005). Como se gera um grande sismo. *In*: Costa, A. e Abreu, M. (Ed.), 1755 - *Terramoto no Algarve*. Centro de Ciência Viva do Algarve, 155-177.
- Mendes, I. (2010). Benthic foraminifera as palaeo-environmental indicators in the Northern Gulf of Cadiz. Tese de doutoramento (inédito), Universidade do Algarve, Faro, 242 pp.
- Mendes, I., Gonzalez, R., Dias, J. M. a., Lobo, F. e Martins, V. (2004). Factors influencing recent benthic foraminifera distribution on the Guadiana shelf (Southwestern Iberia). *Marine Micropaleontology*, 51, 171-192.

- Mendes, I., Dias, J. A., Schönfeld, J. e Ferreira, O. (2012). Distribution of living benthic foraminifera on the northern gulf of Cadiz continental shelf. *Journal of Foraminiferal Research*, 42, 18-38.
- Mendes, I., Dias, J. A., Schönfeld, J., Ferreira, Ó., Rosa, F. e Lobo, F. J. (2013). Living, dead and fossil benthic foraminifera on a river dominated shelf (northern Gulf of Cadiz) and their use for paleoenvironmental reconstruction. *Continental Shelf Research*, 68, 91-111.
- Milker, Y., Schmiedl, G., Betzler, C., Römer, M., Jaramillo-Vogel, D. e Siccha, M. (2009). Distribution of recent benthic foraminifera in shelf carbonate environments of the Western Mediterranean Sea. *Marine Micropaleontology*, 73, 207-225.
- Miranda, J. M. e Carrilho, F. (2014). 45 Anos do Sismo de 28 de Fevereiro de 1969. *IPMA*, 17 pp.
- Moita, I. (1986). Notícia explicativa da Carta de Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental da Folha 7 e 8, Cabo de S. Vicente ao Rio Guadiana, à escala 1/150000. Instituto Hidrográfico, Lisboa.
- Murray, J. W. (1971). *An Atlas of British Recent Foraminiferids*. Heinemann Educational Books Ltd, London, 244 pp.
- Murray, J. W. (2003). Foraminiferal assemblage formation in depositional sinks on the continental shelf west of Scotland. *Journal of Foraminiferal Research*, 33, 101-121.
- Murray, J. W. (2006). *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, New York, 426 pp.
- Murray, J. W. (2007). Biodiversity of living benthic foraminifera: How many species are there? *Marine Micropaleontology*, 64, 163-176.
- Oliveira, J. T. (1984). Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 7, escala 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Oliveira, J. T. (1992). Notícia explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 8, escala 1/200 000. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- Orbigny, A. d' (1826). Tableau méthodique de la classe des Céphalopodes. *Annales de Sciences Naturelles*, 7, 254-314.

- Orbigny, A. d' (1839). *Voyage dans l'Amérique méridionale, foraminifères*. Levrault, Paris e Strasbourg, vol. 5, 86 pp.
- Orbigny, A. d' (1846). *Foraminifères fossils du bassin tertiaire de Vienne (Autriche)*. Gide et Compe, Paris, 312 pp.
- Parker, F. L. (1952). Foraminifera species off Portsmouth, New Hampshire. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 106, 391-423.
- Parker, F. L., Phleger, F. B. e Peirson, J. (1953). Ecology of Foraminifera from San Antonio bay and environs Southwest Texas. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 2, 75 pp.
- PBH das Ribeiras do Algarve (1999). Plano de Bacia Hidrográfica das Ribeiras do Algarve. Anexo 11, Tomo 11B, 28 pp.
- Phleger, F. B. e Parker, F. L. (1951). Ecology of Foraminifera, northwest gulf of Mexico. *Geological Society of America*, 46, 64 pp.
- Pickard, G. L. e Emery, W. J. (1990). *Descriptive Physical Oceanography: An Introduction*. Butterworth-Heinemann (5ª edição). Oxford, 320 pp.
- Poag, C. e Tresslar, R. (1981). Living foraminifers of West Flower Garden Bank, northernmost coral reef in the Gulf of Mexico. *Micropaleontology*, 27, 31-70.
- Pujos, M. (1976). *Ecologie des Foraminifères Benthiques et des Thecamoebiens de la Gironde et du Plateau Continental Sud-Gascogne. Application à la Connaissance du Quaternaire Terminal de la Région Ouest-Gironde*. Tese de doutoramento. *Mémoires de l'Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine*, 8, 314 pp.
- Relvas, P. e Barton, E. D. (2002). Mesoscale patterns in the Cape São Vicente (Iberian Peninsula) upwelling region. *Journal of Geophysical Research*, 107, 1-23.
- Rosa, F. (2014). Climatic variability and recente sedimentation in the Continental Shelf off the Guadiana River. Tese de doutoramento (inédito), Universidade do Algarve, Faro, 288 pp.
- Rosa, F., Fatela, F. e Drago, T. (2007). Late Holocene benthic foraminiferal records in the continental shelf off Douro River (NW Portugal): evidences for productivity and sedimentary relationships. *Thalassas*, 23, 19-31.

- Schroeter, J. S. (1783). *Einleitung in die Conchylienkenntniss nach Linne*. J. J. Gebauer, 860 pp.
- Schubert, R. J. (1904). Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung der bei der aerarischen Tiefbohrung zu Wels durchteuften Schichten. *Jahrbuch Der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt*, 53, 385-422.
- Sen Gupta, B. K. (2002). *Modern Foraminifera*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 371 pp.
- Smedile, A., De Martini, P. M. e Pantosti, D. (2012). Combining inland and offshore paleotsunamis evidence: the Augusta Bay (eastern Sicily, Italy) case study. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12, 2557-2567.
- Sugawara, D., Minoura, K., Nemoto, N., Tsukawaki, S., Goto, K. e Imamura, F. (2009). Foraminiferal evidence of submarine sediment transport and deposition by backwash during the 2004 Indian Ocean tsunami. *Island Arc*, 18, 513-525.
- Teixeira, S. B., Gaspar, P. e Rosa, M. (2005). Holocene sea-level index points on the Quarteira coast (Algarve, Portugal). *Iberian Coastal Holocene Paleoenvironmental Evolution – Coastal Hope 2005*, 125-127.
- Terrinha, P., Cabral, J. e Matias, L. (2005). A tectónica recente e a fonte do grande sismo de Lisboa de 1 de Novembro de 1755. In: Costa, P. T. (ed.), *Terramotos e Tsunamis*. Livro Aberto, Editores Livreiros Lda., Lisboa, 7-26.
- Van Voorthuysen, J. H. (1957). Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). *Mededelingen van de Geologische Stichting*, nº 11, 27-40.
- Vickerman, K. (1992). The diversity and ecological significance of Protozoa. *Biodiversity and Conservation*, 1, 334-341.
- Vitorino, J., Oliveira, A., Jouanneau, J. M. e Drago, T. (2002). Winter dynamics on the northern Portuguese shelf. Part 1: physical processes. *Progress in Oceanography*, 52, 129-153.
- Williamson, W. C. (1848). On the Recent British species of the genus *Lagena*. *Annals and Magazine of Natural History*, 1, 1-20.
- Williamson, W. C. (1858). *On the recent Foraminifera of Great Britain*. Royal Society, 107 pp.





## 10. REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS



## 10. REFERÊNCIAS ELECTRÓNICAS

- Hottinger, L. (2015). "Illustrated glossary of terms used in foraminiferal research".  
Acessível em: [http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006\\_M02/](http://paleopolis.rediris.es/cg/CG2006_M02/), acedido a 22 de Fevereiro de 2015.
- IRIS (2014). "Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) Earthquake Browser". Acessível em: <http://www.iris.edu/ieb/index.html>, acedido a 1 de Maio de 2014.
- SNIRH (2015). "Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos". Acessível em: <http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.2#>, acedido a 8 de Janeiro de 2015.



## 11. ANEXOS



## 11. ANEXOS

### 11.1. ANEXO A – TABELAS DE CONTAGEM DOS FORAMINÍFEROS

Tabela A. 1 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentônicos nas amostras VC2B 38-39 cm a 49-50 cm.

Amostra (cm)	38-39	39-40	40-41	41-42	42-43	43-44	44-45	45-46	46-47	47-48	48-49	49-50
Quarteamento	1/128	1/64	1/256	1/16	1/128	1/64	1/64	1/64	1/128	1/128	1/64	1/128
Aglutinados costeiros não identificáveis	4	10	8	5	15	14	12	10	6	2	4	12
<i>Ammonia beccarii</i>	2		2	12	4	1	1	2	2	2	5	2
<i>Amphicoryna catesbyi</i>												1
<i>Amphicoryna scalaris</i>							1					
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	1	1		9	5	1	3	4	2	2	10	5
<i>Bolivina spathulata</i>	38	81	44	341	44	85	106	77	75	38	86	74
<i>Bolivina</i> spp.			2	8		4	6			1	2	1
<i>Bolivina variabilis</i>				1							1	
<i>Bolivinellina translucens</i>	5	6	2	13	3	4	6	6	5	5	9	15
<i>Brizalina alata</i>	1	1		11			1	1	2		1	
<i>Brizalina difformis</i>						1			2		2	1
<i>Brizalina pseudopunctata</i>	66	115	67	504	89	127	158	126	90	43	114	95
<i>Brizalina subaenariensis</i>	5	11	5	64	7	11	7	5	13	4	9	9
<i>Buchnerina walleriana</i>												
<i>Bulimina aculeata</i>	2	3		33	4	3	2	5	2	2	3	2
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i>			1	7			1	2				1
<i>Bulimina elongata</i>	9	9	4	66	1	5	14	4	4	4	13	5
<i>Bulimina gibba</i>	5	13	7	73	9	11	11	15	11	6	13	7
<i>Bulimina marginata</i>	15	21	7	103	7	18	15	13	19	5	35	9
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)				1								
? <i>Cassidelina</i> sp.											1	
<i>Cassidulina crassa</i>				1								
<i>Cassidulina laevigata</i>	22	37	18	230	14	29	41	43	27	19	52	34
<i>Cassidulina obtusa</i>	10	18	9	104	10	26	28	12	22	20	32	26
<i>Cassidulina teretis</i>	1	3	1	32	4	6	3	3	3	5	5	4
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	1	3		3			1	2		1	3	1
<i>Chilostomella oolina</i>				9	1	2		1		1	1	
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.)				3								
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.)				2								
<i>Cibicides</i> spp. (juv.)			1		1	1	2	1	2		1	
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i>								1				
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?				1							1	2
<i>Dentalina</i> sp.												
<i>Discorbinella bertheloti</i>	3	10		13	2	2	5	2	4	7	5	5
<i>Eggerelloides scaber</i>				1			1					
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i>									1			
<i>Elphidium earlandi</i>				1								
<i>Elphidium fichtellianum</i>												
<i>Elphidium gerthi</i>	2	6		39	2	8	10	7	6	4	5	3
<i>Elphidium</i> sp.												
<i>Elphidium williamsoni</i>								1				
<i>Eoeponidella pulchella</i>	10	15	8	47	11	12	16	14	12	11	22	10
<i>Epistominella vitrea</i>	47	79	77	220	86	99	162	57	44	71	70	77
<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i>				7	4	3	4	2	1	3		
<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i>		1		4	1		1			2	4	1
<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i>												
<i>Fissurina orbignyana</i>												
<i>Fissurina</i> sp. 1	1	2		8		1	2	1	2	2	4	
<i>Fissurina</i> sp. 2				2								
<i>Fissurina</i> sp. 3		1	1					1		2		
<i>Fissurina</i> sp. 4							1					
<i>Fissurina</i> sp. 5												
<i>Fissurina</i> sp. 6												
<i>Fissurina</i> sp. 7												
<i>Fissurina</i> sp. 8												
<i>Fissurina staphyllearia</i>					2							
<i>Fursenkoina</i> sp. 1	3	7	10	21	5	5	8	7	8	2	3	4
<i>Fursenkoina</i> sp. 2						1						
<i>Globobulimina ovata</i>			1									

## anexo 1 – Continuação.

Amostra (cm)	38-39	39-40	40-41	41-42	42-43	43-44	44-45	45-46	46-47	47-48	48-49	49-50
Quarteamento	1/128	1/64	1/256	1/16	1/128	1/64	1/64	1/64	1/128	1/128	1/64	1/128
<i>Globobulimina turgida</i>												
<i>Globocassidulina subglobosa</i>		1		3								2
<i>Grigelis</i> sp.				1								
<i>Gyroidina umbonata</i>	4	10	9	37	3	8	11	9	7	6	11	10
<i>Hanzawaia nitidula</i>				1								
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i>												
<i>Hyalinea balthica</i>	2	4		27	2	3	5	2	4	5	3	3
<i>Hyalinonetrion gracillima</i>		2		1	2			1				2
<i>Jadammina macrescens</i>				2							1	
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i>				1					1	1		2
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i>												
<i>Lagena hispidula</i>			1									
<i>Lagena laevis</i>				1								
<i>Lagena semistriata</i>												
<i>Lagena</i> sp.												
<i>Lagena strumosa</i>		1		1								
<i>Lagena substriata</i>				1								
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i>												
<i>Lagenosolenia</i> sp.												
<i>Lenticulina gibba</i>												
<i>Lenticulina</i> sp. 1					1							
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)				2								
<i>Lepidodeuteramina ochracea</i>	2	2	5	10	5	4	3	3	3	1	1	8
<i>Neoconorbina nitida</i>	1	2	3	5		3	6	6	4	4	1	3
<i>Neolenticulina peregrina</i>		1	1	2								1
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)			1									
<i>Nodosaria nebulosa</i>		1							1			
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i>												
<i>Nonion fabum</i>	5	3	4	29	1	7	15	5	4	2	3	3
<i>Nonion</i> sp. (juv.)												
<i>Nonionella bradyi</i>	1	1	20	22	13	11	15	5	5	5	8	9
<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i>				2								
<i>Nonionoides turgidum</i>	4	2	34	3	3	2		1	3		1	
<i>Oolina hexagona</i>												
<i>Quinqueloculina auberiana</i>												
<i>Quinqueloculina lata</i>								1				
<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)												
<i>Quinqueloculina stalker</i>				4		1		1	1			
<i>Rectuvigerina phlegeri</i>	1	3	3	16	2	3	5	3	3	1	7	4
<i>Rosalina</i> spp. (juv.)				2		1	3	1				3
<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i>	1											
<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)												
<i>Sigmoilopsis elliptica</i>				3	1	1						
<i>Stainforthia complanata</i>	3	6	9	35	2	8	7	3	10	8	11	12
<i>Stainforthia feylingi</i>		5	9	17	16	6	5	2	5	3	3	1
<i>Textularia conica</i>	1	1		6	1		1		3	1	2	2
<i>Textularia gramen</i>				1								
<i>Textularia</i> sp. (juv.)												
<i>Trifarina angulosa</i>	1	2	1	15		2	2	5	1		2	2
? <i>Trochammina globigeriniformis</i>				2		1						
var. <i>pygmaea</i>												
<i>Uvigerina mediterranea</i>		2		1		4	2		1	2	3	1
<i>Uvigerina peregrina</i>		1	1	6		3		4		1		
<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)	1	1		9		3		1			2	1
<i>Valvulineria bradyana</i>	1	5	2	32	2	9	6	6	2	3	5	3
<i>Valvulineria candeiana</i>												
<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i>						1						
<i>Valvulineria</i> cf. <i>minuta</i>	2	3	10	9	10	12	11	4	5	6	6	10
<i>Valvulineria rugosa</i>												
Não identificáveis	18	14	43	118	32	30	27	30	27	14	60	22
Total	301	526	431	2426	427	603	753	518	455	327	646	510



Tabela A. 2 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentônicos nas amostras VC2B 50-51 cm a 71-72 cm.

Amostra (cm)	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	71-72
Quarteamento	1/256	1/256	1/128	1/128	1/128	1/64	1/128	1/256	1/256	1/128	1/128	1/512
Aglutinados costeiros não identificáveis	6	6	2	5	6			7	5	11	8	9
<i>Ammonia beccarii</i>	1	2	1	2			2	2	2	2	1	2
<i>Amphicoryna catesbyi</i>								1				
<i>Amphicoryna scalaris</i>									1			1
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	4	5	3	3	1	3	5	1	2	3	3	2
<i>Bolivina spathulata</i>	39	39	32	38	38	58	41	26	28	34	56	34
<i>Bolivina</i> spp.	4	5			1	3	1	1		2	1	2
<i>Bolivina variabilis</i>									1		1	
<i>Bolivinelina translucens</i>	10	5	3	8	8	6	7	5	3	8	14	5
<i>Brizalina alata</i>	1					2		1		2		
<i>Brizalina difformis</i>								1			1	
<i>Brizalina pseudopunctata</i>	77	54	65	85	54	115	61	50	41	66	110	66
<i>Brizalina subaenariensis</i>	3	8	10	5	4	10	6	4	6	6	6	8
<i>Buchnerina walleriana</i>												1
<i>Bulimina aculeata</i>	1	1	1	4	1		3		1	2		1
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i>	2					1		1		1	4	1
<i>Bulimina elongata</i>	9	3	3	7	5	13	5	1	8	8	7	4
<i>Bulimina gibba</i>	7	2	8	9	4	11	2	3	7	9	2	2
<i>Bulimina marginata</i>	9	14	10	9	9	19	15	7	11	12	11	8
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)												
? <i>Cassidelina</i> sp.												
<i>Cassidulina crassa</i>										1		
<i>Cassidulina laevigata</i>	21	29	21	20	18	34	11	10	24	25	24	24
<i>Cassidulina obtusa</i>	8	15	21	13	17	32	9	10	7	19	22	12
<i>Cassidulina teretis</i>	1	2		3		4		1	1	2		1
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	2	1		1	2		1			3	1	
<i>Chilostomella oolina</i>	2	1		2	1	1	1	2	2		1	1
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.)												
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.)												
<i>Cibicides</i> spp. (juv.)	2	2	1	2	1	5		2	1	4	7	1
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i>												
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?								1				
<i>Dentalina</i> sp.												
<i>Discorbinella bertheloti</i>	4	2		5	1	6		2	2	2	4	2
<i>Eggerelloides scaber</i>	1											
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i>												
<i>Elphidium earlandi</i>						1	1					
<i>Elphidium fichtellianum</i>												
<i>Elphidium gerthi</i>	6	1	1	4	2	4		3	5	7	9	3
<i>Elphidium</i> sp.							1					
<i>Elphidium williamsoni</i>												
<i>Eoeponidella pulchella</i>	12	10	4	14	13	16	12	3	12	10	10	10
<i>Epistominella vitrea</i>	113	47	50	52	41	62	61	56	47	84	129	62
<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i>	4	3	2			3	1		3	3		3
<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i>	2		1	1	2	1	1	2	3	2	3	
<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i>												
<i>Fissurina orbignyana</i>												
<i>Fissurina</i> sp. 1	2	1	1					1	1	1	1	2
<i>Fissurina</i> sp. 2												
<i>Fissurina</i> sp. 3	2					1					1	1
<i>Fissurina</i> sp. 4	2					2						
<i>Fissurina</i> sp. 5												
<i>Fissurina</i> sp. 6												
<i>Fissurina</i> sp. 7												
<i>Fissurina</i> sp. 8	1											
<i>Fissurina staphyllearia</i>			1				1		1			
<i>Fursenkoina</i> sp. 1	16	3	7	5	6	3	4	8	6	11	13	9
<i>Fursenkoina</i> sp. 2												
<i>Globobulimina ovata</i>								1				1
<i>Globobulimina turgida</i>									1			

Tabela A. 2 – Continuação.

Amostra (cm)	50-51	51-52	52-53	53-54	54-55	58-59	59-60	60-61	61-62	62-63	63-64	71-72
Quarteamento	1/256	1/256	1/128	1/128	1/128	1/64	1/128	1/256	1/256	1/128	1/128	1/512
<i>Globocassidulina subglobosa</i>						1						
<i>Grigelis</i> sp.												
<i>Gyroidina umbonata</i>	9	7	8	10	12	6	3	7	4	12	4	6
<i>Hanzawaia nitidula</i>												
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i>		1			1							
<i>Hyalinea balthica</i>	3		1	2	4	7	3		4	3	3	2
<i>Hyalinonetrion gracillima</i>			1						1			
<i>Jadammina macrescens</i>												
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i>												
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i>												
<i>Lagena hispidula</i>												
<i>Lagena laevis</i>					1							
<i>Lagena semistriata</i>												
<i>Lagena</i> sp.												
<i>Lagena strumosa</i>	1									1		
<i>Lagena substriata</i>											1	
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i>												
<i>Lagenosolenia</i> sp.												
<i>Lenticulina gibba</i>				2								
<i>Lenticulina</i> sp. 1												
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)												
<i>Lepidodeuteramina ochracea</i>	3	3	1	2	1		1	1	2	1	4	
<i>Neoconorbina nitida</i>	4	2	2	3	6	1	3	1		4	3	5
<i>Neolenticulina peregrina</i>							1					
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)												
<i>Nodosaria nebulosa</i>	1								1			
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i>		1										
<i>Nonion fabum</i>	1	2	3		4	4	5	2	3	4	4	1
<i>Nonion</i> sp. (juv.)												
<i>Nonionella bradyi</i>	28	4	3	4	6	6	5	7	5	7	27	9
<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i>								3	1			
<i>Nonionoides turgidum</i>	56				1	3		24		7	4	7
<i>Oolina hexagona</i>						1					1	
<i>Quinqueloculina auberiana</i>												
<i>Quinqueloculina lata</i>											1	
<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)												
<i>Quinqueloculina stalkerii</i>	5				1			1		1	2	1
<i>Rectuvigerina phlegeri</i>	7	1	2	2	3	2		3	3	5		4
<i>Rosalina</i> spp. (juv.)			1	1			1			4	1	
<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i>												
<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)												
<i>Sigmoilopsis elliptica</i>				1			1					
<i>Stainforthia complanata</i>	16	3	3	7	2	5	3	5	3	8	16	13
<i>Stainforthia feylingi</i>	10	1	5	7	3	1	2	8	9	12	10	7
<i>Textularia conica</i>	1	2		3	2	3	3	3	4	1	2	2
<i>Textularia gramen</i>		1	1			1		1		1		
<i>Textularia</i> sp. (juv.)											1	
<i>Trifarina angulosa</i>		1	1	3	2	6	1	1	1	2	1	2
? <i>Trochammina globigeriniformis</i>												
var. <i>pygmaea</i>												
<i>Uvigerina mediterranea</i>		2			2	1	1	1	1		2	3
<i>Uvigerina peregrina</i>						3	1		1		1	
<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)	3	2		1	2		2		4	1		2
<i>Valvulineria bradyana</i>	3	3	4	1	4	7	7	2	3	2	5	4
<i>Valvulineria candeiana</i>												
<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i>												
<i>Valvulineria</i> cf. <i>minuta</i>	26	3	6	21	4	10	4	11	10	25	15	12
<i>Valvulineria rugosa</i>												
Não identificáveis	30	16	20	22	9	22	25	15	10	34	32	37
Total	581	316	310	389	305	506	324	309	302	475	590	395

Tabela A. 3 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentônicos nas amostras VC2B 72-73 cm a 100-101 cm.

Amostra (cm)	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	98-99	99-100	100-101
Quarteamento	1/128	1/128	1/128	1/128	1/128	1/256	1/256	1/256	1/512	1/512	1/256	1/256	1/256
Aglutinados costeiros não identificáveis	13	12	18	16	11	3	8	9	1	5	7	1	1
<i>Ammonia beccarii</i>	5		1	1	5	4	2	2		1	1	3	4
<i>Amphicoryna catesbyi</i>													
<i>Amphicoryna scalaris</i>			1	2									
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	4	7	6	8	2	5	2	3	3	3	6	3	6
<i>Bolivina spathulata</i>	51	60	60	30	58	52	32	54	24	48	52	58	61
<i>Bolivina</i> spp.	2	2	2	1	5	1	1	3	1	1	4	5	2
<i>Bolivina variabilis</i>						1							
<i>Bolivinelina translucens</i>	12	5	10	4	12	7	9	15	8	11	16	11	16
<i>Brizalina alata</i>		1			3				1			1	
<i>Brizalina difformis</i>			1	2		1							
<i>Brizalina pseudopunctata</i>	102	125	67	103	135	87	54	88	84	85	115	105	75
<i>Brizalina subaenariensis</i>	14	6	6	16	7	26	9	1	3	4	4	12	13
<i>Buchnerina walleriana</i>													
<i>Bulimina aculeata</i>	1			1	2	2				2	2		
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i>	1	1		1		4	2	2		1	1	2	1
<i>Bulimina elongata</i>	10	4	10	7	8	12	2	8	3	5	7	14	13
<i>Bulimina gibba</i>	11	5	5	9	8	3	5	2	1	5	4	1	4
<i>Bulimina marginata</i>	17	11	24	12	15	15	4	9	8	9	11	22	18
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)													
? <i>Cassidelina</i> sp.													
<i>Cassidulina crassa</i>						1					1		
<i>Cassidulina laevigata</i>	28	28	28	28	34	42	15	23	11	19	20	24	42
<i>Cassidulina obtusa</i>	34	29	23	31	25	21	14	20	5	13	19	23	35
<i>Cassidulina teretis</i>	4	3	1		1		2	3	3	3		1	2
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	1		2		1	2	3			1		1	1
<i>Chilostomella oolina</i>	2			2		3		1	1		2	1	3
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.)													
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.)													
<i>Cibicides</i> spp. (juv.)	6	5	1	1	1	1	2	2	1	6	4	4	2
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i>													
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?												1	
<i>Dentalina</i> sp.													
<i>Discorbinella bertheloti</i>	2	4	8	2	11	7	1	4	2	4	9	2	8
<i>Eggerelloides scaber</i>									1				
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i>													
<i>Elphidium earlandi</i>													
<i>Elphidium fichtellianum</i>							1					1	
<i>Elphidium gerthi</i>	8	6	11	8	12	12	5	11	4	8	10	5	14
<i>Elphidium</i> sp.								1					
<i>Elphidium williamsoni</i>													
<i>Eoeponidella pulchella</i>	27	16	17	16	21	16	7	11	5	10	13	20	25
<i>Epistominella vitrea</i>	94	83	60	82	83	53	53	73	56	63	62	60	74
<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i>	4	1		3	3	1	2		1				
<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i>		2	4	1	1			3		1	5	3	3
<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i>													1
<i>Fissurina orbignyana</i>						1							
<i>Fissurina</i> sp. 1	2		1	1	1	2	1	2	2	1			4
<i>Fissurina</i> sp. 2													
<i>Fissurina</i> sp. 3	1	1						1			1		1
<i>Fissurina</i> sp. 4			1	2			2		1	1	1		
<i>Fissurina</i> sp. 5					1								
<i>Fissurina</i> sp. 6													
<i>Fissurina</i> sp. 7													
<i>Fissurina</i> sp. 8													
<i>Fissurina staphyllearia</i>													
<i>Fursenkoina</i> sp. 1	15	4	9	12	11	10	5	10	9	12	5	11	16
<i>Fursenkoina</i> sp. 2													
<i>Globobulimina ovata</i>	1												
<i>Globobulimina turgida</i>					1								

Tabela A. 3 – Continuação.

Amostra (cm)	72-73	73-74	74-75	75-76	76-77	77-78	78-79	79-80	80-81	81-82	98-99	99-100	100-101
Quarteamento	1/128	1/128	1/128	1/128	1/128	1/256	1/256	1/256	1/512	1/512	1/256	1/256	1/256
<i>Globocassidulina subglobosa</i>	1	1				2	1			1			
<i>Grigelis</i> sp.													
<i>Gyroidina umbonata</i>	5	3	3	11	6	9	7	6	3	4	2	4	7
<i>Hanzawaia nitidula</i>													
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i>													
<i>Hyalinea balthica</i>	6	5	8	2	2	4	3	1	2	4	2	2	5
<i>Hyalinonettrion gracillima</i>	1				1			1		1			1
<i>Jadammina macrescens</i>													
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i>											1		1
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i>													
<i>Lagena hispidula</i>													
<i>Lagena laevis</i>													
<i>Lagena semistriata</i>					1					1	1		
<i>Lagena</i> sp.		1											
<i>Lagena strumosa</i>									1				1
<i>Lagena substriata</i>													
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i>													
<i>Lagenosolenia</i> sp.													
<i>Lenticulina gibba</i>													
<i>Lenticulina</i> sp. 1													
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)													
<i>Lepidodeuteramina ochracea</i>	2	1	2		1				1	2		2	2
<i>Neoconorbina nitida</i>	4	2	2		3	1	7	3	5		1	2	1
<i>Neolenticulina peregrina</i>		1									1		1
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)		1		1									1
<i>Nodosaria nebulosa</i>											1		
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i>													
<i>Nonion fabum</i>	6	4	3	6	3	9	2	3	5	2	2	4	10
<i>Nonion</i> sp. (juv.)													
<i>Nonionella bradyi</i>	7	10	13	16	16	10	8	6	12	5	12	6	17
<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i>	6	2	1	1			2		2			2	6
<i>Nonionoides turgidum</i>	13	7	4	7	1	5	10	12	16	2	6	4	19
<i>Oolina hexagona</i>													
<i>Quinqueloculina auberiana</i>		1											
<i>Quinqueloculina lata</i>					1								
<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)			1										
<i>Quinqueloculina stalker</i>	1	1		2	1	5	3	4		3			4
<i>Rectuvigerina phlegeri</i>	2	1	6	1	2	4	2	3	2	5	6	4	12
<i>Rosalina</i> spp. (juv.)			1				2		2	1			3
<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i>					1	1		1					
<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)													
<i>Sigmoilopsis elliptica</i>	1	1	1	2						2	1		
<i>Stainforthia complanata</i>	3	3	7	12	7	10	11	10	5	10	6	3	11
<i>Stainforthia feylingi</i>	4	8	7	5	6	5	10	8	5	5		2	4
<i>Textularia conica</i>	1	5	4	3	2	4		2	1	1	3	1	3
<i>Textularia gramen</i>	2	1				1							
<i>Textularia</i> sp. (juv.)													
<i>Trifarina angulosa</i>	1	1	4	1							2	1	2
? <i>Trochammina globigeriniformis</i>													
var. <i>pygmaea</i>													
<i>Uvigerina mediterranea</i>	1	2	3	1		1		2	1		1		2
<i>Uvigerina peregrina</i>		2		3	2	1		1		1		2	1
<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)	2	3	1	2		4				1	3	4	2
<i>Valvulinera bradyana</i>	7	4	5	3	10	10	2	5	1	5	5	2	5
<i>Valvulinera candeiana</i>					1								
<i>Valvulinera</i> cf. <i>candeiana</i>													
<i>Valvulinera</i> cf. <i>minuta</i>	28	15	19	13	15	6	6	15	12	13	12	5	8
<i>Valvulinera rugosa</i>					1								
Não identificáveis	50	37	32	49	33	22	21	30	19	21	41	29	30
Total	626	544	504	543	594	509	340	474	334	412	491	474	604

Tabela A. 4 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentônicos nas amostras VC2B 101-102 cm a 192-193 cm.

Amostra (cm)	101-102	102-103	181-182	182-183	183-184	184-185	185-186	190-191	191-192	192-193
Quarteamento	1/256	1/256	1/512	1/512	1/256	1/1024	1/1024	1/512	1/1024	1/1024
Aglutinados costeiros não identificáveis	2	4	3		2	2	2			2
<i>Ammonia beccarii</i>	3	3	4		3		2	1		
<i>Amphicoryna catesbyi</i>			1							
<i>Amphicoryna scalaris</i>										1
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	6	4	6	4	6	5	3	6	6	4
<i>Bolivina spathulata</i>	41	69	41	59	101	42	50	72	41	45
<i>Bolivina</i> spp.	1			1	2		2		1	2
<i>Bolivina variabilis</i>		1		2				2		
<i>Bolivinellina translucens</i>	6	15	9	13	9	11	9	10	9	10
<i>Brizalina alata</i>				1						
<i>Brizalina difformis</i>										
<i>Brizalina pseudopunctata</i>	95	112	96	83	151	55	99	133	74	89
<i>Brizalina subaenariensis</i>	12	12	7	13	15	7	11	8	2	10
<i>Buchnerina walleriana</i>										
<i>Bulimina aculeata</i>	1	2					1		1	
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i>		1	1	2	1	2	5			
<i>Bulimina elongata</i>	10	13	2	13	16	11	6	5	7	1
<i>Bulimina gibba</i>	8	5	7	8	6	3	5	10	5	2
<i>Bulimina marginata</i>	13	19	7	10	11	8	8	15	6	2
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)										
? <i>Cassidelina</i> sp.										
<i>Cassidulina crassa</i>										
<i>Cassidulina laevigata</i>	34	33	18	28	30	20	23	22	14	13
<i>Cassidulina obtusa</i>	16	23	13	23	32	16	23	28	13	12
<i>Cassidulina teretis</i>	4	2	5	2	1	1		1		
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	4	3	1	3	2	1	3		1	1
<i>Chilostomella oolina</i>		2	2		1					1
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.)										
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.)										
<i>Cibicides</i> spp. (juv.)	6	6	6	3	11	3	4	9	5	5
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i>										
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?		1					1			
<i>Dentalina</i> sp.										
<i>Discorbinella bertheloti</i>	9	11	9	7	11	5	6	9	1	2
<i>Eggerelloides scaber</i>										
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i>										
<i>Elphidium earlandi</i>										
<i>Elphidium fichtellianum</i>										
<i>Elphidium gerthi</i>	2	6	7	6	12	4	8	14	6	7
<i>Elphidium</i> sp.										
<i>Elphidium williamsoni</i>										
<i>Eoeponidella pulchella</i>	16	20	12	24	20	11	18	26	16	7
<i>Epistominella vitrea</i>	68	80	43	34	49	35	41	55	46	34
<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i>			1	2	2		1			
<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i>	2	2	2	1	2	2	2	5	2	2
<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i>										
<i>Fissurina orbignyana</i>							1			
<i>Fissurina</i> sp. 1	1	1	1	1				1		1
<i>Fissurina</i> sp. 2									1	
<i>Fissurina</i> sp. 3				1					2	1
<i>Fissurina</i> sp. 4		1								
<i>Fissurina</i> sp. 5										
<i>Fissurina</i> sp. 6										
<i>Fissurina</i> sp. 7										
<i>Fissurina</i> sp. 8										
<i>Fissurina staphyllearia</i>	1									
<i>Fursenkoina</i> sp. 1	6	9	3	10	15	2	1	11	8	8
<i>Fursenkoina</i> sp. 2										
<i>Globobulimina ovata</i>										
<i>Globobulimina turgida</i>		2								

Tabela A. 4 – Continuação.

Amostra (cm)	101-102	102-103	181-182	182-183	183-184	184-185	185-186	190-191	191-192	192-193
Quarteamento	1/256	1/256	1/512	1/512	1/256	1/1024	1/1024	1/512	1/1024	1/1024
<i>Globocassidulina subglobosa</i>			1							
<i>Grigelis</i> sp.										
<i>Gyroidina umbonata</i>		2		2	5		2	2	2	1
<i>Hanzawaia nitidula</i>										
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i>										
<i>Hyalinea balthica</i>	2	8	5	4	3	2	4	5	1	2
<i>Hyalinonetrion gracillima</i>	1								1	
<i>Jadammina macrescens</i>										
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i>										
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i>										
<i>Lagena hispidula</i>										
<i>Lagena laevis</i>	2									
<i>Lagena semistriata</i>								1		
<i>Lagena</i> sp.										
<i>Lagena strumosa</i>										
<i>Lagena substriata</i>					1					
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i>								1		
<i>Lagenosolenia</i> sp.			1	1	1		1			
<i>Lenticulina gibba</i>										
<i>Lenticulina</i> sp. 1										
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)										
<i>Lepidodeuteramina ochracea</i>							1	2		
<i>Neoconorbina nitida</i>	9	12	11	3	5	7	3	5	1	4
<i>Neolenticulina peregrina</i>					1			1		
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)						1				
<i>Nodosaria nebulosa</i>		2								
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i>										
<i>Nonion fabum</i>	3	6	2	5	4	2	4	2	3	1
<i>Nonion</i> sp. (juv.)										
<i>Nonionella bradyi</i>	2	17	5	2	8	6	9	14	5	3
<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i>				1						
<i>Nonionoides turgidum</i>	3	4	6	4	12	12	5	23	2	5
<i>Oolina hexagona</i>										
<i>Quinqueloculina auberiana</i>										
<i>Quinqueloculina lata</i>										
<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)										
<i>Quinqueloculina stalker</i>				1	3					
<i>Rectuvigerina phlegeri</i>	1	5	1	2	7	6	4	3	4	
<i>Rosalina</i> spp. (juv.)		2	3				1	1		1
<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i>										
<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)										
<i>Sigmoilopsis elliptica</i>		2	1	2	4				1	2
<i>Stainforthia complanata</i>	5	10	2	6	8	7	5	6	4	2
<i>Stainforthia feylingi</i>	1	1	1	1	3	2	1	3	1	1
<i>Textularia conica</i>		4	2	3	5	7	5	6	2	5
<i>Textularia gramen</i>		1			1			2		
<i>Textularia</i> sp. (juv.)										
<i>Trifarina angulosa</i>			2	3	2	2		3	2	
? <i>Trochammina globigeriniformis</i>										
var. <i>pygmaea</i>										
<i>Uvigerina mediterranea</i>	1		1	3	2	1		1		
<i>Uvigerina peregrina</i>	2	3		2						
<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)	3	3	1	2	3	1	4	5	2	2
<i>Valvulineria bradyana</i>	4	8	4		2	2	3	3	3	2
<i>Valvulineria candeiana</i>										
<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i>										
<i>Valvulineria</i> cf. <i>minuta</i>	6	9	7	6	11	6	4	12	5	3
<i>Valvulineria rugosa</i>										
Não identificáveis	25	40	40	29	49	16	32	43	25	31
Total	437	601	403	436	651	326	423	587	331	327

Tabela A. 5 – Abundância absoluta dos foraminíferos bentônicos nas amostras VC2B 193-194 cm a 222-223 cm.

Amostra (cm)	193-194	194-195	195-196	196-197	217-218	218-219	219-220	220-221	221-222	222-223
Quarteamento	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/1024	1/512
Aglutinados costeiros não identificáveis		1		2	2		3	1	3	
<i>Ammonia beccarii</i>	1		1	1	5		2	3	3	1
<i>Amphicoryna catesbyi</i>										
<i>Amphicoryna scalaris</i>						1				1
<i>Bolivina pseudoplicata</i>	7	2	4	5	6	10	4	6	5	6
<i>Bolivina spathulata</i>	30	49	38	48	80	53	53	68	48	51
<i>Bolivina</i> spp.	1			2	5		1	1	2	2
<i>Bolivina variabilis</i>	1	1			1			3		1
<i>Bolivinellina translucens</i>	5	6	6	7	9	14	6	8	13	13
<i>Brizalina alata</i>				1					1	
<i>Brizalina difformis</i>										
<i>Brizalina pseudopunctata</i>	93	67	64	92	159	88	78	91	99	63
<i>Brizalina subaenariensis</i>	10	4	9	3	7	13	9	11	11	7
<i>Buchnerina walleriana</i>										
<i>Bulimina aculeata</i>										
<i>Bulimina</i> cf. <i>B. alazanensis</i>	1		2	3	2	3	3	3	3	
<i>Bulimina elongata</i>	2	7	8	7	8	9	6	9	11	6
<i>Bulimina gibba</i>	2	5	4	8	8	5	6	10	5	3
<i>Bulimina marginata</i>	5	5	2	2	5	2	6	9	8	6
<i>Bulimina</i> sp. 1 (juv.)										
? <i>Cassidelina</i> sp.										
<i>Cassidulina crassa</i>								3		
<i>Cassidulina laevigata</i>	22	14	15	11	24	17	18	40	33	20
<i>Cassidulina obtusa</i>	16	15	11	14	36	16	16	24	23	22
<i>Cassidulina teretis</i>	1	1	1	2	1	2		3	3	6
<i>Cassidulinoides bradyi</i>	1	4		2		2	1	1	2	
<i>Chilostomella oolina</i>					1	1		1		
<i>Cibicides</i> cf. <i>pachyderma</i> (juv.)										
<i>Cibicides</i> cf. <i>pseudoungerianus</i> (juv.)										
<i>Cibicides</i> spp. (juv.)	6	2	4	5	8	7	3	2	6	4
<i>Conorbella</i> cf. <i>pulvinata</i>										
<i>Cushmanina striatopunctata</i> ?										
<i>Dentalina</i> sp.			1	1						
<i>Discorbinella bertheloti</i>	4	7	5	4	11	7	5	10	4	9
<i>Eggerelloides scaber</i>										
<i>Elphidium</i> cf. <i>complanatum</i>										
<i>Elphidium earlandi</i>										
<i>Elphidium fichtellianum</i>										
<i>Elphidium gerthi</i>	3	3	10	2	6	11	6	7	13	5
<i>Elphidium</i> sp.										
<i>Elphidium williamsoni</i>					1	1				
<i>Eoeponidella pulchella</i>	13	5	16	15	26	15	13	26	17	12
<i>Epistominella vitrea</i>	38	29	35	32	58	33	41	54	63	39
<i>Fissurina</i> cf. <i>laevigata</i>	1			1						
<i>Fissurina</i> cf. <i>lucida</i>				1		1	1	2	1	1
<i>Fissurina</i> cf. <i>marginata</i>										
<i>Fissurina orbignyana</i>										
<i>Fissurina</i> sp. 1	2	2		2	2		1	1		
<i>Fissurina</i> sp. 2										
<i>Fissurina</i> sp. 3		1		1		1	1	1		1
<i>Fissurina</i> sp. 4				1						
<i>Fissurina</i> sp. 5										
<i>Fissurina</i> sp. 6			1							
<i>Fissurina</i> sp. 7			1							
<i>Fissurina</i> sp. 8										
<i>Fissurina staphyllearia</i>										
<i>Fursenkoina</i> sp. 1	5	6	5	7	6	1	6	7	13	4
<i>Fursenkoina</i> sp. 2										
<i>Globobulimina ovata</i>										
<i>Globobulimina turgida</i>										

Tabela A. 5 – Continuação.

Amostra (cm)	193-194	194-195	195-196	196-197	217-218	218-219	219-220	220-221	221-222	222-223
Quarteamento	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/512	1/1024	1/512
<i>Globocassidulina subglobosa</i>		1			2	1	3			
<i>Grigelis</i> sp.						1				
<i>Gyroidina umbonata</i>	2	2	4	1	3	4	2	1	4	1
<i>Hanzawaia nitidula</i>										
<i>Haynesina</i> cf. <i>depressula</i>										
<i>Hyalinea balthica</i>	2			4	4	1	4	9	4	5
<i>Hyalinonetrion gracillima</i>									1	
<i>Jadammina macrescens</i>										
<i>Lagena</i> cf. <i>setigera</i>										
<i>Lagena</i> cf. <i>sulcata</i>										
<i>Lagena hispidula</i>										
<i>Lagena laevis</i>										
<i>Lagena semistriata</i>	1		1							
<i>Lagena</i> sp.										
<i>Lagena strumosa</i>								1		
<i>Lagena substriata</i>										
<i>Lagenosolenia</i> cf. <i>favosa</i>										
<i>Lagenosolenia</i> sp.								1		
<i>Lenticulina gibba</i>										
<i>Lenticulina</i> sp. 1										
<i>Lenticulina</i> sp. 2 (juv.)										
<i>Lepidodeuteramina ochracea</i>									2	
<i>Neonoronina nitida</i>	1	1	2	1	2	2	4	5	6	8
<i>Neolenticulina peregrina</i>	1			1		2		1		
<i>Neolenticulina</i> spp. (juv.)										
<i>Nodosaria nebulosa</i>										
<i>Nonion</i> cf. <i>depressulus</i>										
<i>Nonion fabum</i>		3	3	2	2	6	7	3	5	1
<i>Nonion</i> sp. (juv.)					1					
<i>Nonionella bradyi</i>	5	3	3	6	9	6	16	12	12	1
<i>Nonionella</i> cf. <i>stella</i>		1					2			
<i>Nonionoides turgidum</i>	3	5	4	3	14	6	1	17	10	6
<i>Oolina hexagona</i>										
<i>Quinqueloculina auberiana</i>								1		
<i>Quinqueloculina lata</i>										
<i>Quinqueloculina</i> sp. (juv.)										
<i>Quinqueloculina stalkerii</i>			1		2	1		2		
<i>Rectuvigerina phlegeri</i>	2	2		7	3		1	8	4	3
<i>Rosalina</i> spp. (juv.)	1						1	1	1	1
<i>Saracenaria</i> cf. <i>altifrons</i>										
<i>Saracenaria</i> sp. (juv.)										
<i>Sigmoilopsis elliptica</i>				1		1	1	1	3	
<i>Stainforthia complanata</i>	3	5	3	6	3	3	4	8	4	4
<i>Stainforthia feylingi</i>	2	1	1	3	2	6	1	6	1	3
<i>Textularia conica</i>	3	2	2	2	5	5	4	6	7	3
<i>Textularia gramen</i>										
<i>Textularia</i> sp. (juv.)										
<i>Trifarina angulosa</i>	1	6	2	3	2		2	5	2	1
? <i>Trochammina globigeriniformis</i>										
var. <i>pygmaea</i>										
<i>Uvigerina mediterranea</i>					3	2		3	2	1
<i>Uvigerina peregrina</i>	1			1					3	
<i>Uvigerina</i> spp. (juv.)		2	2	1	5	2		3		2
<i>Valvulineria bradyana</i>	4	3	2		2	3		5	2	
<i>Valvulineria candeiana</i>										
<i>Valvulineria</i> cf. <i>candeiana</i>										
<i>Valvulineria</i> cf. <i>minuta</i>	9	8	5	7	21	1	5	17	5	5
<i>Valvulineria rugosa</i>										
Não identificáveis	22	31	29	24	42	32	20	36	32	29
Total	333	312	307	355	604	398	367	557	500	357



## 11.2. ANEXO B – DIVERSIDADE

Tabela B. 1 – Índice de Shannon-Wiener e número de espécies das amostras VC2B.

Amostra (cm)	Índice de Shannon-Wiener	Número de espécies	Amostra (cm)	Índice de Shannon-Wiener	Número de espécies
38-39	2.8	38	77-78	3.2	49
39-40	2.8	46	78-79	3.1	42
40-41	2.9	37	79-80	3.0	44
41-42	3.0	71	80-81	2.9	43
42-43	2.8	40	81-82	3.0	47
43-44	2.9	48	98-99	3.0	46
44-45	2.8	46	99-100	2.9	45
45-46	2.9	49	100-101	3.2	53
46-47	3.0	44	101-102	2.9	41
47-48	3.0	42	102-103	3.1	48
48-49	3.0	48	181-182	3.0	45
49-50	2.9	47	182-183	3.1	46
50-51	3.1	50	183-184	3.0	47
51-52	3.0	43	184-185	3.0	37
52-53	2.8	38	185-186	2.9	43
53-54	3.0	40	190-191	2.9	43
54-55	3.0	42	191-192	2.8	39
58-59	2.9	45	192-193	2.7	39
59-60	2.9	42	193-194	2.8	41
60-61	3.1	47	194-195	2.9	38
61-62	3.2	47	195-196	2.9	37
62-63	3.2	48	196-197	2.9	46
63-64	2.9	49	217-218	2.8	44
71-72	3.1	46	218-219	3.0	43
72-73	3.1	51	219-220	2.9	41
73-74	2.9	51	220-221	3.1	51
74-75	3.2	47	221-222	3.0	44
75-76	3.1	48	222-223	3.0	39
76-77	3.0	50			

### 11.3. ANEXO C – DATAÇÕES

Tabela C. 1 – Resultados das datações radiométricas realizadas na sondagem VC2B.

Código	Profundidade (cm)	Material	Idade calibrada (2σ)
(Ano de recolha da sondagem)		-	(2008 d.C.)
( <sup>210</sup> Pb)	29.5	Sedimento	1951 d.C.
Beta 278216	131	Molusco	1162 - 1321 d.C.
OS-97152	201	Molusco	232 - 413 d.C.
OS-97143	270	Foraminífero	845 - 726 a.C.
OS-97144	283	Foraminífero	1148 - 909 a.C.
OS-97145	301	Foraminífero	1405 - 1207 a.C.
Beta 278217	417	Molusco	2847 - 2575 a.C.
OS-97153	440	Molusco	3187 - 2907 a.C.
Beta 278218	460	Molusco	3265 - 2922 a.C.
OS-97146	467	Foraminífero	4688 - 4448 a.C.
OS-97147	498	Foraminífero	8626 - 8293 a.C.